

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE ARROZ (*Oryza sativa*)
LÍNEA CR-2515 SEMBRADO EN MÍNIMA LABRANZA, EN UPALA,
ALAJUELA, COSTA RICA**

RIGOBERTO MURILLO MEJÍAS

**Práctica de Especialidad presentada ante la Escuela de Agronomía, como
requisito parcial para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería en
Agronomía.**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

2006

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE ARROZ (*Oryza sativa*)
LÍNEA CR-2515 SEMBRADO EN MÍNIMA LABRANZA, EN UPALA,
ALAJUELA, COSTA RICA**

RIGOBERTO MURILLO MEJÍAS

**Práctica de Especialidad presentada ante la Escuela de Agronomía, como
requisito parcial para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería en
Agronomía.**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

2006

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE ARROZ (*Oryza sativa*)
LÍNEA CR-2515 SEMBRADO EN MÍNIMA LABRANZA, EN UPALA,
ALAJUELA, COSTA RICA**

RIGOBERTO MURILLO MEJÍAS

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador

Ing. Agr. Joaquín Durán Mora, M. Sc.

Asesor

Ing. Agr. Gerardo Chaves Alfaro, Bach.

Jurado

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas M. Sc.

Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez. MAE

Coordinador

Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Olger Murillo Bravo M. Sc.

Director Escuela Agronomía

2006

DEDICATORIA

A Dios nuestro Señor y a la Virgen María, que siempre nos ayudan incondicionalmente, y por que todo se realiza gracias a su divina voluntad.

A mis padres: Zulay Mejías Vargas y Rigoberto Murillo Ocampo.

A mi padrastro William Gómez Fernández y a mi madrastra Beila Castro Arce por darme su apoyo incondicional en todos los momentos.

A mis hermanos y a mi familia en general por siempre instarme a seguir adelante. De manera muy especial a mi señora Aleyda Aragón Barrios, a mis hijos Jennifer Pamela y Juan Pablo, por ser mi estímulo diario, mi apoyo en los momentos más difíciles, mi inspiración para seguir siempre hacia adelante.

A mis amigos y compañeros Tito Somarribas Z., Raúl Solano, Johnny Ramírez, Fulvio Herrera, Adrián Pérez, Luis E. González, Oswaldo Ledezma, José I. Víquez, Oscar Arce S., Martín Aguilar y demás compañeros que de una u otra forma me ayudaron para llegar a concluir la carrera.

Al señor Rodolfo Ocampo Cortez por toda su cooperación y buen deseo de colaborar.

A todas las personas que de una u otra manera colaboraron a lo largo de mis estudios universitarios.

AGRADECIMIENTO

A Dios padre todo poderoso y a la Santísima Virgen María, por darme la oportunidad de concluir mis estudios.

A mis padres y padrastros por su apoyo incondicional, durante todos mis estudios.

A mi señora por estar siempre pendiente de mí, y por toda su ayuda.

A todo el personal docente y administrativo del Instituto Tecnológico de Costa Rica, que me acogió como un estudiante más de la misma, me brindó la oportunidad de superarme y que de una u otra manera me brindaron su ayuda.

Al Ing. Luis Antonio Rojas por su gran ayuda y comprensión.

Al Ing. Joaquín Durán Mora por ser el asesor y guía en mi trabajo de graduación.

A los profesores: Ing. José Gerardo Chávez Alfaro y al Ing. Arnoldo Gadea, por ser los jurados de mi trabajo.

Al Ing. Fernando Gómez Sánchez por ser el coordinador de mi trabajo de graduación; por toda su ayuda y comprensión.

Al Ing. Olger Murillo Bravo, Director de la Escuela de Agronomía, por dar su aprobación al trabajo.

Al señor Rodolfo Ocampo C. por permitirme realizar mi trabajo en su arrozal.

A mis compañeros y amigos junto a todas las personas que me ayudaron. Gracias y que Dios los bendiga.

ÍNDICE GENERAL

	Página
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
1. INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
1.1. Objetivo general	3
1.2. Objetivos específicos	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Características agronómicas de la línea CR-2515	4
2.2. Tipos de labranza y prácticas relacionadas	4
2.2.1. Labranza mínima	4
2.2.2. Labranza de conservación (retención de residuos)	5
2.2.3. Labranza convencional (residuos incorporados)	6
2.2.4. Labranza con mulch	7
2.2.5. Labranza en camellones	8
2.2.6. Labranza especializada	8
2.2.7. Otras prácticas	8
2.3. Sostenibilidad en la agricultura	9
2.4. Bases de una agricultura sostenible en los trópicos y sub- trópicos	12
2.5. Requisitos para obtener una agricultura sostenible	12
2.6. Beneficios	13
2.7. Leyes de la disminución de la productividad de los suelos	14
2.8. Paradigmas en la producción agrícola	15
2.9. El problema de la degradación de los suelos	18
2.9.1. Erosión	19
2.9.2. Materia orgánica	20
2.10. Influencia de la preparación del suelo sobre el contenido de materia orgánica y el rendimiento	21
2.11. Efectos de la mínima labranza en diferentes propiedades del suelo	24
2.11.1. Efecto de la labranza sobre las propiedades químicas	24
2.11.1.1. Nitrógeno	25
2.11.1.2. Fósforo y Potasio	26
2.11.2. Efecto sobre las propiedades físicas	26
2.11.2.1. Densidad aparente	27
2.11.2.2. Propiedades hidráulicas	27
2.11.2.3. Compactación	28

2.11.2.4. Evaporación	29
2.11.3. Efecto sobre las propiedades biológicas	30
2.12. Comportamiento de plagas y enfermedades	30
2.13. Aspectos ambientales	32
2.14. Suelos	33
2.15. Abonos verdes e incorporación de cal	34
2.16. Encostramiento del suelo	34
2.17. Superficie ondulada	35
2.18. Compactación del suelo	35
2.19. Cobertura con residuos de cultivos (mulch)	35
2.20. Pasos en la adopción de la siembra directa	36
3. MATERIALES Y MÉTODOS	38
3.1. Localización	38
3.2. Condiciones climáticas	38
3.2.1. Temperatura	38
3.2.2. Humedad relativa (HR)	38
3.2.3. Precipitación	38
3.2.4. Radiación solar	39
3.2.5. Suelo	39
3.3. Periodo de trabajo	40
3.4. Material genético utilizado	40
3.5. Siembra	40
3.6. Variables evaluadas	41
3.6.1. Población de plantas	41
3.6.2. Altura de plantas	41
3.6.3. Análisis de suelo	41
3.6.3.1. Análisis químico del suelo y de materia orgánica	41
3.6.3.2. Análisis macro y microbiológico de suelo	42
3.6.4. Evaluación de la población de malezas	43
3.6.5. Comportamiento de plagas y enfermedades	43
3.6.6. Fertilización	43
3.7. Variables de rendimiento	44
3.7.1. Tallos efectivos y no efectivos	44
3.7.2. Longitud de la panícula	44
3.7.3. Peso de 1000 granos	44
3.7.4. Rendimiento (kg/ha)	44
3.7.5. Relación costo/beneficio en el cultivo de arroz sembrado en labranza mínima	44
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
4.1. Siembra	45
4.2. Población de plantas de arroz antes y después del macollamiento	45
4.3. Altura de plantas/m ²	46
4.4. Análisis químico y biológico del suelo	46
4.4.1. Análisis químico	46
4.4.2. Análisis biológico	50

4.5. Manejo de malezas	51
4.5.1. Inventario de malezas antes de la siembra	51
4.5.2. Densidad y cobertura de malezas después de la siembra	51
4.5.3. Control químico de malezas	52
4.6. Manejo de plagas y enfermedades	54
4.7. Fertilización	56
4.8. Factores de rendimiento	58
4.8.1. Tallos efectivos y no efectivos	58
4.8.2. Longitud de panícula	58
4.8.3. Peso de 1000 granos	60
4.9. Costos de producción (egresos)	60
4.10. Rendimiento (ingresos)	64
4.11. Beneficio económico	64
5. CONCLUSIONES	66
6. RECOMENDACIONES	68
7. LITERATURA CITADA	69

ÍNDICE DE CUADROS

Número	Título	Página
1	Condiciones climáticas reportadas en el año 2001. Upala, 2001.	39
2	Guía para la interpretación de análisis de suelo.	42
3	Análisis de artrópodos de suelo. Upala, 2001.	50
4	Análisis microbiológico de suelo, miles UFC/g. Upala, 2001.	50
5	Control químico de malezas, después de la siembra. Upala, 2001.	53
6	Control químico para plagas y enfermedades. Upala, 2001.	55
7	Programa de fertilización granulada implementado en el cultivo de arroz. Upala, 2001.	57
8	Costos de aplicación por hectárea de productos químicos y fertilizantes utilizados. Upala, 2001.	61
9	Costos de plaguicidas y fertilizantes utilizados. Upala, 2001.	62
10	Costos de cosecha para una hectárea de arroz. Upala, 2001.	63
11	Costos totales para producir una hectárea de arroz, en el sistema mínima labranza. Upala, 2001.	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Número	Título	Página
1	Composición textural de suelo, en muestra obtenida en finca en Upala, 2001.	40
2	Población de plantas de arroz antes y después del macollamiento. Upala, 2001.	46
3	Contenido de acidez del agua obtenido en un suelo sembrado con arroz en mínima labranza. Upala, 2001.	47
4	Contenido de materia orgánica obtenido en un suelo sembrado con arroz en mínima labranza. Upala, 2001.	48
5	Contenido de P, Cu, Fe, Mn y Zn en el suelo (mg/l), obtenido en un suelo sembrado con arroz en mínima labranza. Upala, 2001.	48
6	Contenido de K, Mg y Ca en el suelo (cmol/l), obtenido en un suelo sembrado con arroz en mínima labranza. Upala, 2001.	49
7	Relaciones de bases obtenidas en un suelo sembrado con arroz en mínima labranza. Upala, 2001.	49
8	Principales malezas presentes en el cultivo de arroz (Flor Amarilla y Zacate Invasor). Upala, 2001.	52
9	Cultivo de arroz con buen control de malezas. Upala, 2001.	53
10	Planta de arroz infectada con <i>Rhizoctonia solani</i> . Upala, 2001.	55
11	Novia del arroz (<i>Rupela albinella</i>) presente en el cultivo. Upala, 2001.	56
12	Total de tallos efectivos y no efectivos a la cosecha. Upala, 2001.	58
13	Panículas con buena cosecha y de longitud aceptable. Upala, 2001.	59
14	Número de panículas /m ² de acuerdo a la longitud de panícula. Upala, 2001.	59

15	Cosechadoras utilizadas al momento de la cosecha. Upala, 2001.	61
16	Total de egresos e ingresos obtenidos en el cultivo de arroz sembrado en mínima labranza. Upala, 2001.	65

RESUMEN

Se evaluó el comportamiento agronómico del cultivo del arroz (*Oryza sativa* línea CR-2515) sembrado en mínima labranza en el cantón de Upala, provincia de Alajuela, en la finca del señor Rodolfo Ocampo Cortez.

Debido a la utilización de semilla no certificada, la siembra se realizó con una sembradora de mínima labranza, a razón de 253 kg/ha.

La fertilización se llevó a cabo usando fórmulas granuladas aplicadas al suelo, primero al momento de la siembra con la máquina sembradora y luego manualmente. Para combatir las malezas se utilizaron productos químicos, desde antes de la siembra, hasta la cosecha. Los insectos se controlaron en los momentos oportunos en que se requirió y las enfermedades principalmente en la etapa reproductiva, esto con el fin de evitar el manchado del grano, al momento de la cosecha.

La metodología empleada para la evaluación del comportamiento de la línea fue la sugerida por el Ing. Luis Rojas¹. En la etapa vegetativa: se evaluó población de plantas y altura, y en la etapa reproductiva se evaluó tallos efectivos y no efectivos, número y longitud de las panículas, número de granos por panícula y peso de mil granos.

La línea CR- 2515 se comportó como una línea de buen desempeño bajo las condiciones climáticas de la zona.

Al momento de la cosecha se evaluó el rendimiento (kg/ha), así como la relación costo/beneficio. Se obtuvo un rendimiento promedio de 80,29 sacos húmedos y sucios/ha (21% de humedad y un 8% de impureza), equivalente a 5,91 tm/ha, generando un ingreso neto de ¢122 289,85/ha, con una rentabilidad de 49.76%.

Palabras claves: arroz, mínima labranza, comportamiento agronómico, *Oryza sativa*, rendimientos, CR 2515.

¹ Rojas, L. 2001. Metodología para evaluar comportamiento de la línea CR 2515. Santa Clara, San Carlos, ITCR. Comunicación Personal.

1. INTRODUCCIÓN

El arroz es uno de los cereales de más importancia en el mundo, ocupando los primeros lugares en consumo como cultivo alimenticio, y es una de las principales fuentes de alimentación para la población mundial. Se encuentra entre los tres cultivos de mayor demanda alimenticia del mundo. En Costa Rica el consumo per cápita promedio es alrededor de 55 kg (Monge 1989).

En los últimos años, nuestro país ha pasado de ser productor de arroz con excedentes, a ser un importador de gran parte del grano, debido a que la política arancelaria y los tratados de libre comercio no favorecen a nuestros productores, pero también al poco esfuerzo en investigación que se ha hecho para disminuir costos de producción y aumentar la eficiencia en el sistema de producción (Monge 1989).

Algunos factores como el uso inapropiado del suelo, el monocultivo e implementos de labranza inadecuados, dejan el suelo desnudo y pulverizado, destruyéndolo en su estructura física y en condiciones propicias para ser arrastrados por el agua de lluvia o por el viento. En esta situación, las partículas se depositan en arroyos, ríos, lagunas y represas, lo que causa destrucción y efectos negativos en la generación de energía eléctrica, el suministro de agua potable, inundaciones, avalanchas, etc. (Derpsch 1999).

Por lo tanto, el reto es lograr un desarrollo sostenible que conduzca a mejorar el nivel de vida sin agotar los recursos naturales, de tal forma que las generaciones futuras puedan utilizarlo y satisfacer sus necesidades (Derpsch 1999).

La agricultura tradicional no contribuye a una agricultura sostenible y es necesario cambiar el modelo agrícola de producción (Derpsch 1999).

La labranza mínima es un método de siembra conservacionista en el que la semilla es depositada directamente en el suelo no mecanizado, donde los residuos del cultivo anterior sembrado para tal fin permanecerá en la superficie y donde solo se disturba o interviene en la zona donde se va a quedar la semilla (Derpsch 1999).

La labranza mínima viene creciendo a un ritmo acelerado a nivel mundial. EE.UU. es el país donde la labranza mínima ha alcanzado la mayor difusión en términos de área cultivada (19,3 millones de ha), le sigue Brasil con 12 millones, Australia con 8.6 millones, Argentina con 7,3 millones, Canadá con 4,1 millones y Paraguay con 800.000 ha (Derpsch 1999).

Este trabajo se realizó con el fin evaluar el comportamiento agronómico de la línea CR-2515, sembrado en un sistema de mínima labranza, pero principalmente con la intención de crear conciencia en la necesidad de buscar alternativas de cultivo que conlleve a un uso más eficiente de los recursos naturales y a la necesidad de disminuir costos de producción, haciendo del arroz un cultivo más eficiente.

1.1 Objetivo general

Describir el manejo agronómico del cultivo de arroz línea CR 2515 sembrado en labranza mínima, en la zona de Upala, Costa Rica.

1.2 Objetivos específicos

1. Evaluar la población de plantas de arroz por m² antes y después del macollamiento.
2. Evaluar la altura de plantas previo a la cosecha.
3. Realizar análisis sobre la composición química y biológica del suelo.
4. Realizar un inventario de malezas antes de la primera aplicación de herbicida en postemergencia.
5. Describir y evaluar el control de malezas realizado durante el ciclo del cultivo.
6. Describir el manejo de plagas y enfermedades, y la fertilización del cultivo.
7. Evaluar los componentes de rendimiento (número de tallos efectivos y no efectivos / m², longitud de panículas, peso de 1000 granos).
8. Determinar el rendimiento total (sacos limpios y secos/ ha) en el área de siembra.
9. Determinar el beneficio económico y la relación beneficio / costo para producir una hectárea de arroz.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Características agronómicas de la línea CR-2515

Los resultados obtenidos por Campos (2000) caracterizan a la línea CR-2515 como se demuestra a continuación:

- ✍ Rendimiento potencial por hectárea de 7.6 TM
- ✍ Inicio de floración alrededor de 83 días después de la siembra.
- ✍ Es resistente a *Pyricularia* en el cuello de panícula, nudos y hojas.
- ✍ Resistente al escaldado de la hoja (*Metasphaeria albescens*)
- ✍ Medianamente resistente al manchado del grano
- ✍ Resistente al volcamiento.
- ✍ Susceptible a *Rhizoctonia solani*
- ✍ La longitud de planta antes de la cosecha es alrededor de 1.20 m

También Campos (2000) menciona algunas características sobre la calidad molinera entre las cuales se citan las siguientes:

- a) El porcentaje de grano quebrado obtenido en la zona norte es alrededor del 14,3 por ciento.
- b) El redimiendo promedio de molino es de 70.8 por ciento.

2.2. Tipos de labranza y prácticas relacionadas.

2.2.1. Labranza mínima

Se le conoce como siembra de mulch, ecobarbecho, barbecho químico y siembra directa. Este consiste en la no preparación de camas y la poca perturbación del suelo, solo lo necesario. La colocación de semillas se logra cortando una estrecha zanja en el suelo, perturbando el suelo en un 25 por ciento. Con este sistema todos los residuos son retenidos en la superficie del suelo, previniendo un excelente control de erosión hídrica y eólica (Unger *et al.* 1995). La mínima labranza con abonos verdes y rotación de cultivos es el único sistema de

producción en la agricultura extensiva que posibilita obtener una agricultura sostenible en los trópicos y subtrópicos (Derpsch 2000).

2.2.2. Labranza de conservación (retención de residuos)

El sistema de labranza de conservación es definido como cualquier sistema de labranza o siembra al menos en un 30 por ciento de la superficie del suelo cubierta con residuos después de la siembra para reducir la erosión.

Comparado este sistema de labranza con el sistema de labranza convencional Unger *et al*, (1995) señala las siguientes ventajas:

- ✍ Mayor contenido de agua en el suelo (Esto ocurre principalmente a que por la presencia de residuos en superficies se reducen las pérdidas por evaporación y aumenta la infiltración de agua cuando ocurren lluvias (García 2001).
- ✍ Mayor conservación de suelos y agua.
- ✍ Mayores contenidos de materia orgánica del suelo.
- ✍ Menores necesidades de tamaño y variedad de equipo.
- ✍ Menores costos de combustibles.
- ✍ Menor compactación de suelos, por menor tráfico.
- ✍ Reducción en las fluctuaciones de temperatura.

Otros aspectos que pueden influir en la absorción de energía solar es el calor del rastrojo, por ejemplo en rastrojo de trigo que aun mantenga su color amarillento irradiará hacia la atmósfera parte de la energía solar que reciba, lo que puede ser beneficioso en la época de verano. Por el contrario en los meses más fríos los rastrojos ya habrán cambiado a un color más oscuro, lo que indicará que está captando y reteniendo una temperatura útil para suelo (Crovetto 1992).

Sin embargo, este sistema posee algunas limitantes las cuales son:

- ✍ Mayor dependencia de plaguicidas, en especial de herbicidas.
- ✍ Mayores potenciales de insectos y enfermedades.
- ✍ Menor disponibilidad de nutrientes.

- ✍ Agradamiento de los problemas de bajo pH.
- ✍ Cambio en las poblaciones de malezas.
- ✍ Necesidad de mayor entrenamiento del operador.
- ✍ Requerimiento de implementos de campo especializados para cortar.

No en todos los casos los rendimientos de los cultivos en un sistema de labranza conservacionista son superiores al sistema convencional, existen casos en que inclusive los rendimientos del sistema conservacionista han sido menores al convencional, pero lo que se debe de tomar en cuenta es la ganancia neta, que en teoría debería ser el más rentable sistema conservacionista que el convencional.

Unger *et al.* (1995), consideran diferentes categorías dentro del sistema de labranza conservacionista, las cuales son:

2.2.3. Labranza convencional (Residuos incorporados)

A este sistema de labranza se le conoce también con el nombre de labranza limpia y se define como un proceso de aradura y cultivo que incorpora todos los residuos e impide el incremento de toda la vegetación, excepto el cultivo particular deseado en la estación de crecimiento.

Esta definición enfatiza en la incorporación de residuos, pero la labranza convencional presenta otras funciones que pueden considerarse ventajosas, entre las cuales se citan las siguientes:

- ✍ Incorporación de fertilizantes, cal y plaguicidas.
- ✍ Entierro de residuos de cultivo hospederos de plagas y enfermedades que causan daño al cultivo a establecer.
- ✍ Alteración del suelo para modificar el hábitat de los insectos, en ocasiones dejan expuestos insectos del suelo a depredadores.
- ✍ Roturas de los sellos y costras, aumento de la rugosidad superficial, incrementar y mejorar la retención temporal de agua en la superficie.
- ✍ Aflojamiento del suelo para alterar capas que restringen o impiden el movimiento de agua, aire y la penetración de raíces.

Dependiendo de las circunstancias y en comparación con otros sistemas de labranza limpio puede no resultar en mayores rendimientos del cultivo o en una mayor edificación en la conservación de suelos y agua.

Unger *et al.* (1995), señalan que una de las desventajas primordiales de la labranza limpia o convencional es la intensificación de la erosión del suelo el cual queda de residuos de cultivos, además de soltura del suelo, quedando expuestas las partículas al arrastre provocado por el agua y al viento o por la infiltración a horizontes inferiores del suelo.

Comparado con otros métodos de labranza Unger *et al.* (1995), enseña entre otras desventajas de la labranza convencional la siguiente.

- ✍ Descenso más rápido en los contenidos de materiales orgánico del suelo.
- ✍ Degradación de la estructura del suelo.
- ✍ Requerimiento de tractores e implemento de labranza mas pesados.
- ✍ Uso alto de combustible.
- ✍ Pérdida de residuos que ayudan a conservar el agua.

Se deben de tomar en cuenta las condiciones del suelo y el clima imperante de la región para establecer el grado de acción en la cual afectara el sistema de labranza empleado.

2.2.4. Labranza con mulch

También se conoce con los nombres de labranza de mulch de rastrojos, agricultura con mulch, labranza subsuperficial y agricultura sin aradura.

Consiste en que las operaciones que se realizan son las requeridas para el control de malezas y prelación de la cama de siembra de tal manera que una cantidad adecuada de residuos se mantengan en la superficie. Los implementos usados son cuchillas rotatorias, arados de cincel y arado de discos con una sola dirección.

2.2.5. Labranza en camellones

Esta se encuentra entre cero labranza y la labranza convencional, provee una cubierta superficial de cultivos en crecimiento o residuos de cultivo a lo largo de la mayor parte del ciclo. Los camellones se mantienen anualmente con una o dos labores mecánicas de cultivo, para hacer un control de malezas cuando el cultivo ha crecido, lo que permite tener una zona limpia de suelo para efectuar operaciones de siembra sin interferencia de los residuos superficiales.

2.2.6. Labranza especializada

Algunos suelos presentan estructuras inestables que conducen a problemas severos de erosión eólica o hídricas, condiciones que pueden ser naturales o como resultado de malas prácticas de manejo, que incluyen horizontes naturales densos de baja permeabilidad, zonas compactas por el tráfico, estructuras rocosas y zonas salinas.

Si estas condiciones no pueden ser corregidas con operaciones de normales de labranza, Unger *et al.* (1995), mencionan operaciones especiales como la de Burnett y Tacker entre ellas: la aradura, el cincelado, subsolado, zanjeado, fragmentación de perfiles, etc.

La línea CR- 2515 se comportó como una línea de buen desempeño bajo las condiciones climáticas de la zona.

2.2.7. Otras prácticas

- ✍ Cultivo de coberturas.
- ✍ Barreras rompevientos.
- ✍ Nivelación de terrenos.
- ✍ Construcción de terrazas.
- ✍ Drenajes de superficiales.
- ✍ Zanjas para retener y drenar el agua.

2.3. Sostenibilidad en la agricultura

En los últimos años se viene hablando de conceptos como desarrollo sostenible y agricultura sostenible. El término sostenibilidad puede significar diferentes cosas para diferentes grupos humanos en momentos distintos; sin embargo, a nivel general se acepta la siguiente definición: *“Desarrollo sostenible es el que distribuye más equitativamente los beneficios del progreso económico, protege el ambiente nacional y mundial en beneficio de las futuras generaciones y mejora genuinamente la calidad de vida actual”* (Alan et al. 1995).

El término “agricultura sostenible” también tiene diferentes significados de acuerdo a cada escuela de pensamiento, por ejemplo, la productivista, ambientalista, comunitaria; sin embargo, de acuerdo al punto de vista de la escuela responsable se señala como agricultura sostenible aquella actividad que debe ser rentable, ecológicamente adecuada y socialmente justa (Arauz 1998).

La agricultura sostenible enfatiza tres grandes áreas (Arauz 1998):

- ✍ Manejo y conservación de la fertilidad de los suelos.
- ✍ Utilización de menos insumos.
- ✍ La protección de los cultivos, con énfasis en los problemas causados por los plaguicidas y el manejo ecológico del cultivo basado en la interacción de los componentes del agroecosistema.

Uno de los principales factores a ser considerados en relación a la sustentabilidad agro-ecológica es el suelo. El suelo es la base de la producción de alimentos para la humanidad. Por eso es necesario mantener el suelo en su lugar de origen, de manera que no sea transportado por la escorrentía hacia arroyos, ríos, embalses o hacia el mar. Al mismo tiempo tenemos que asegurarnos que el suelo no sea destruido y que mantenga su capacidad productiva a través del tiempo. En otras palabras, tenemos que asegurar la sustentabilidad de la producción agrícola y de la producción de alimentos (Derpsch 1999).

Debido a la gran diversidad de definiciones que han surgido en los últimos años, es necesario definir qué se entiende por agricultura sostenible en el contexto

de este trabajo. Agricultura sostenible es aquella que procura establecer una productividad alta del suelo permanentemente, de manera que se conserve o restablezca un medio ambiente ecológico equilibrado (Adelhelm y Kotschi 1985). Además, subentendiendo la viabilidad económica y el mejoramiento de la calidad de vida. Expresado en palabras más sencillas, una agricultura sustentable mantiene producciones altas indefinidamente, sin dañar el suelo y el medio ambiente. O sea, se procura mantener y/ o mejorar la fertilidad del suelo, de manera que las generaciones futuras puedan obtener producciones iguales o superiores a las que se obtienen actualmente mejorando su calidad de vida. Sin embargo, definiciones de la sustentabilidad que consideran apenas una dimensión (como por ejemplo la fertilidad del suelo), son insuficientes, debiendo siempre estar implícitas las dimensiones medio ambiente, sociales y económicas (Hailu y Runge- Metzger 1993).

De acuerdo con Stenholm y Waggoner (1990), el término sustentable tiene dimensiones agronómicas, medioambientales, sociales, económicas y políticas. No se trata meramente del conjunto de las mejores prácticas de manejo del suelo, o simplemente de la reducción del uso de agroquímicos. Es un sistema específico para cada lugar, que requiere un manejo intensivo y eficiente, que conserva los recursos naturales, y considera aspectos económicos a largo y a corto plazo. En realidad, sustentable ya se define como siendo para siempre, o sea, ambientes agrícolas que están diseñados a promover una regeneración perpetua.

La siembra directa se define como la operación de siembra de los cultivos en suelos no preparados mecánicamente, en los que se abre un surco que solamente tiene el ancho y la profundidad suficiente para obtener una buena cobertura de la semilla, sin ninguna otra preparación mecánica (Phillips y Young 1973). También se refiere aquí a siembra directa permanente y no a una siembra directa realizada ocasionalmente. Se entiende que el suelo permanece cubierto con residuos de cultivos comerciales o de abonos verdes y que la mayor parte de los residuos permanecen sin remover en la superficie del suelo después de la siembra. Siempre que se llene este requisito, herramientas surcadoras pueden ser utilizadas para quebrar camadas compactadas del suelo debajo de la

profundidad de colocación de la semilla. Por este motivo, el término siembra directa es más apropiado que el término utilizado por los norteamericanos (no tillage), sinónimo de cero labranza. Mientras apenas sean abiertos surcos estrechos en el suelo y los residuos de cultivos permanezcan en su mayoría en la superficie, no se debe ser demasiado exigentes con el término “no tillage” o cero labranza. Se debe entender que el carbono del suelo y los residuos de cultivos son factores clave para que la siembra directa funcione. Al respecto, los residuos de cultivos en el suelo es la principal técnica de manejo del suelo (Wayne Reeves 1997, citado por Derpsch 1999).

El sistema de no labranza perturba muy poco el suelo. Esta operación consiste en abrir una hendidura de unos 5 cm de ancho en donde se coloca la semilla. Fuera de esta abertura, el suelo no sufre ninguna alteración y consecuentemente, alrededor del 95% de los residuos quedan en la superficie (Altieri 1985).

La rápida degradación de los suelos y el uso no sostenible de la tierra, particularmente en países en desarrollo, son al mismo tiempo la causa y la consecuencia de una pobreza generalizada (ISCO 1996). Es necesario cambiar los sistemas destructores de producción agrícola reinantes en la actualidad, que se caracterizan por labranzas intensivas y que mantienen el suelo descubierto, por sistemas de producción sostenibles basados en la cobertura permanente del suelo con residuos orgánicos. De acuerdo con Bunch (1995), la gran mayoría de los suelos pueden recuperarse transformándolos en suelos altamente fértiles aplicando los siguientes 5 principios: maximizar la producción de materia orgánica; mantener el suelo cubierto; realizar la siembra directa; mantener la bio-diversidad; y alimentar las plantas a través del mulch.

Durante muchos años la labranza convencional ha sido muy importante en la producción de cultivos. Este método consiste en dejar la superficie del suelo con muy pocos residuos de plantas; frecuentemente se usa al arado seguido de varios pases de rastra o cultivadoras para remover el suelo (Pitty 1997).

La labranza convencional es un método usado frecuentemente en varios sistemas de producción, sin embargo, tiene efectos negativos como aumento en la

erosión del suelo, mayor consumo de combustible y de mano de obra (Mannering *et al.* 1987, citado por Pitty 1997).

La preparación convencional del suelo, que deja la superficie del suelo desnuda, es una de las principales causas para que se produzca la erosión en áreas agrícolas (Derpsch 1999).

2.4 Bases de una agricultura sostenible en los trópicos y sub- trópicos (Derpsch 1999)

Mucho se ha hablado y escrito en los últimos años sobre agricultura sostenible o sustentable y para muchos no es más que un modismo utilizado en el lenguaje moderno para satisfacer los requerimientos de los órganos financiadores de proyectos. Sin embargo, si se quiere tomar en serio la sustentabilidad, hay que analizar cuáles son los factores que actúan contra la sustentabilidad de la producción agrícola y cuáles son las bases de una agricultura sostenible.

Se sabe que la sustentabilidad agrícola es afectada por una diversidad de factores químicos, físicos y biológicos, y que la degradación de los suelos no puede ser atribuida a un solo factor. Sin embargo, esa gran diversidad de factores que actúan sobre la degradación de los suelos parecen cegarnos la vista delante de los más importantes. Analizando los factores de degradación en una escala de valores, los dos que seguramente tienen una importancia sobresaliente son la erosión y la disminución de los tenores de materia orgánica en el suelo (Derpsch, 1999).

2.5 Requisitos para obtener una agricultura sostenible (Derpsch 1999).

- Cero erosión
- Cero quema
- Cero labranza
- Rotación de cultivos
- Uso de abonos verdes
- Cobertura permanente del suelo
- Uso criterioso de fertilizantes y correctivos
- Diversificación y aumento de la biodiversidad

- Integración de ciclos biológicos y control natural

La agricultura tradicional no reúne los requisitos necesarios para una agricultura sostenible y que es necesario cambiar el modelo agrícola para evitar los daños que están ocurriendo al medio ambiente. Es necesario tener claro que el suelo es un recurso natural no renovable a corto plazo y que se encuentra disponible sólo en cantidades limitadas. Sin suelo no pueden existir las plantas y sin las plantas no pueden existir los animales, inclusive el hombre. Es por eso imprescindible dejar el suelo en su lugar de origen, si es que se quiere alcanzar una producción agrícola sostenible. La preparación del suelo por métodos tradicionales que deja la superficie del suelo desnuda, se cuentan entre las principales causas del proceso de erosión. Además el control de la erosión es un pre-requisito para que todos los otros factores de producción muestren su efectividad (Derpsch *et al.* 1991).

2.6 Beneficios

Los sistemas de labranza conservacionistas del suelo y la siembra directa ofrecen numerosas ventajas que no pueden ser obtenidas con la labranza intensiva. Estas ventajas han sido resumidas de la siguiente forma:

- a) Economía de tiempo.
- b) Economía de combustible.
- c) Disminución de la erosión.
- d) Aumento de la vida silvestre.
- e) Mayor retención de humedad.
- f) Menor desgaste de la maquinaria.
- g) Reducción de la polución del aire.
- h) Mejoramiento de la estructura del suelo.
- i) Necesidades menores de mano de obra.
- j) Disminución de la compactación del suelo.
- k) Aumento de la productividad a largo plazo.
- l) Aumento de la infiltración de agua en el suelo.

- m) Mejoramiento de la calidad del agua superficial.
- n) Menor emisión de gas carbónico a la atmósfera (ISTRO 1997).

2.7 Leyes de la disminución de la productividad de los suelos

En la naturaleza existen leyes que rigen la disminución de la productividad de los suelos y que deben ser tomadas en cuenta en la producción agropecuaria. Quién no respeta esas leyes estará promoviendo la degradación del suelo y la pérdida de su productividad. Considerar estas leyes es indispensable si se desea obtener una producción agrícola sustentable (Derpsch y Florentín 2000):

- a) Todo sistema de producción agrícola/ ganadero que contribuya a disminuir constantemente los tenores de materia orgánica del suelo, no es sustentable y tiene como consecuencia el empobrecimiento del suelo y del hombre.
- b) Debido a la preparación repetida e intensiva del suelo y bajo condiciones tropicales y subtropicales, la materia orgánica generalmente se mineraliza (disminuye) a tasas mayores que las posibilidades de reposición. Esto ocasiona la reducción de la materia orgánica en el suelo y la disminución gradual del rendimiento de los cultivos a través del tiempo.
- c) La preparación repetida e intensiva del suelo que lo dejan descubierto, así como las fuertes lluvias y vientos que prevalecen en los trópicos y subtrópicos, resultan en erosión hídrica o eólica y en pérdidas de suelo mayores que su regeneración natural. Esto ocasiona la pérdida de nutrientes y materia orgánica y la disminución del rendimiento de los cultivos a través del tiempo.
- d) La preparación repetida e intensiva del suelo en los trópicos y subtrópicos produce en general daños a la estructura del suelo y favorece el aumento excesivo de su temperatura, provocando efectos negativos sobre el crecimiento de las raíces, la flora, la fauna (vida del suelo) y humedad del suelo. Esto resulta en la disminución del rendimiento de los cultivos, a través de los años.

- e) Todo sistema de producción agrícola/ ganadero en el que ocurren importantes pérdidas de nutrientes del sistema ya sea por extracción sin reposición (ej.: explotación agrícola), volatilización (ej.: reiteradas quemas) y/ o por lixiviación o lavado (ej.: barbecho sin cultivar), no es sustentable y tiene como consecuencia el empobrecimiento del suelo y del hombre.

Además, la preparación intensiva del suelo provoca el escape rápido del carbono del suelo en forma de gas (dióxido de carbono) a la atmósfera. Esto resulta en emisiones inaceptables de CO₂ a la atmósfera y en vez de que el carbono sea depositado en el suelo mejorando su productividad, la labranza contribuye al efecto invernadero y al calentamiento global del planeta (Derpsch y Florentín 2000).

Los inevitables efectos negativos de la preparación del suelo, en regiones tropicales y subtropicales sobre la materia orgánica, erosión, estructura, temperatura, humedad, infiltración de agua, flora y fauna (biología del suelo), y pérdida de nutrientes, resultan en la degradación química, física y biológica del suelo. Esto lleva a través de los años a rendimientos decrecientes de los cultivos, a una disminución de la productividad del suelo y al empobrecimiento del suelo y del hombre.

Las leyes de la productividad decreciente de los suelos implican que la sustentabilidad de la producción agrícola/ ganadera no puede ser alcanzada mientras se realice la preparación repetida e intensiva del suelo en los trópicos y subtrópicos, se explote el suelo sin reponer las pérdidas o extracciones que producen las cosechas, y/ o se realicen quemas frecuentes de los campos. (Derpsch y Florentín 2000).

2.8 Paradigmas en la producción agrícola

Los sistemas tradicionales de uso agrícola con laboreo intensivo tienen como resultado (en los trópicos y subtrópicos), la degradación y la pérdida de productividad de los suelos. Esto tiene como consecuencia la pobreza, el éxodo rural, el aumento de poblaciones marginales y los conflictos sociales. Si se

pretende ofrecer a los agricultores y campesinos y sus familias una posibilidad de sobrevivencia digna en el campo y si se procura practicar una agricultura sostenible, deberá cambiarse el enfoque de uso y manejo del suelo. A continuación se presentan los enfoques (paradigmas) antiguos y actuales y se analizan las consecuencias de estas dos formas de manejo del suelo (Derpsch 1999).

ENFOQUE ANTIGUO

- ✍ La preparación del suelo es indispensable para la producción agrícola
- ✍ Entierro de los rastrojos con los implementos de preparación del suelo
- ✍ Suelo desnudo durante semanas y meses
- ✍ Quema de rastrojos permitida
- ✍ Calentamiento del suelo por radiación directa
- ✍ Énfasis en procesos químicos del suelo
- ✍ Control de plagas preferentemente químico
- ✍ Abonos verdes y rotación como opción
- ✍ La erosión del suelo es aceptada como un fenómeno inevitable asociado a la agricultura en terrenos con declive

ENFOQUE ACTUAL

- ✍ Mínima labranza, la preparación del suelo no es necesaria para la producción vegetal.
- ✍ Los rastrojos de cultivos se mantienen en la superficie (mulch)
- ✍ Cobertura permanente del suelo
- ✍ Quema de rastrojos prohibida
- ✍ Reducción de temperaturas del suelo
- ✍ Énfasis en procesos biológicos del suelo
- ✍ Control de plagas preferentemente biológico
- ✍ Abonos verdes y rotación obligatoria
- ✍ La erosión del suelo no es más que un síntoma de que para esa área y su ecosistema se han utilizado métodos inadecuados de cultivo

CONSECUENCIAS DE LA PREPARACIÓN DEL SUELO Y DEL SUELO DESNUDO

1. Erosión hídrica y eólica inevitable
2. Menor infiltración de agua en el suelo
3. Humedad del suelo disminuida
4. Inevitable disminución del contenido de materia orgánica del suelo
5. El carbono del suelo se escapa en forma de dióxido de carbono en la atmósfera y contribuye al calentamiento global del planeta
6. Degradación del suelo (química, física y biológica)
7. Disminución de la productividad de los cultivos
8. Mayor uso de fertilizantes
9. Amenaza la sobrevivencia en el campo (menores rendimientos, producción sin rentabilidad, insuficientes entradas de dinero)
10. Pobreza, éxodo rural, aumento de las poblaciones marginales y de los conflictos sociales

CONSECUENCIAS DE LA MINIMA LABRANZA Y DE LA COBERTURA PERMANENTE DEL SUELO

1. Erosión hídrica y eólica controlada
2. Mayor infiltración de agua en el suelo
3. Mayor humedad del suelo
4. Aumento o mantenimiento del contenido de materia orgánica (mejora la calidad del suelo)
5. El carbono es secuestrado en el suelo mejorando su calidad, contrarrestando al mismo tiempo el calentamiento global del planeta
6. Mejoramiento de la calidad del suelo (química, física y biológica)
7. Aumento de la productividad de los cultivos
8. Menor uso de fertilizantes y menores costos de producción
9. Asegura el ingreso de los agricultores y campesinos a través de una buena rentabilidad y de una producción sostenible
10. Satisfacción de las necesidades básicas, aumento del estándar y de la calidad de vida de las familias de agricultores y campesinos

EFECTOS EXTERNOS DE LA EROSIÓN

- ✍ Sedimentación de ríos, embalses y lagos en la microcuenca
- ✍ Reducción de la calidad del agua
- ✍ Problemas en las centrales hidroeléctricas
- ✍ Sedimentación de caminos
- ✍ Costos más altos para el estado y para la sociedad debido a los efectos externos de la erosión

EFECTOS EXTERNOS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

- ✍ Disminución de la sedimentación de ríos, embalses y lagos en la microcuenca
- ✍ Mejoramiento de la calidad del agua
- ✍ Sin problemas en las centrales hidroeléctricas
- ✍ No ocurre sedimentación de caminos
- ✍ Reducción de costos para el estado y para la sociedad debido a efectos externos del sistema de producción

2.9 El problema de la degradación de los suelos

El problema central de la agricultura convencional en áreas tropicales y subtropicales es la pérdida de la fertilidad de los suelos que está relacionada con la duración de la explotación de los mismos.

La degradación del suelo tiene como consecuencia no solamente que áreas agrícolas tengan que salir del proceso productivo, sino que son necesarias inversiones cada vez mayores para mantener los niveles de producción. En Estados Unidos por ej., el 50% de las necesidades de fertilizantes son aplicados solamente para compensar las pérdidas de fertilidad del suelo por degradación. En Zimbabwe las pérdidas de nutrientes por erosión son tres veces mayores que la cantidad total de fertilizantes aplicados (Stocking 1986, citado por Steiner 1994).

El proyecto GLASOD (Global Assessment of Soil Degradation), es un programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) que tiene como objetivo determinar la degradación de los suelos a nivel mundial (Oldeman *et. al.* 1990). En este se distingue cuatro procesos de degradación causados por el hombre: degradación por erosión hídrica, por erosión eólica, degradación química

y degradación física del suelo. De acuerdo a ese estudio, el mayor responsable por la degradación de los suelos es la erosión hídrica (56%) seguido por la erosión eólica (28%). En otras palabras, la erosión es responsable por el 84% de la degradación de los suelos a nivel mundial (Oldeman *et. al.* 1993). Entre los principales factores que causan la degradación se citan para la erosión hídrica: la deforestación (43%), el sobrepastoreo (29%), y el mal manejo de los suelos (24%). Sin embargo, la preparación del suelo, que es el principal factor que causa la degradación de los suelos, no es mencionada, y probablemente se confunde con el mal manejo y la deforestación.

Según Oldeman y otros (1990), las formas más importantes de degradación química del suelo son la pérdida de nutrientes y de materia orgánica en Sudamérica y la salinización de los suelos en Asia. Entre las principales causas de la degradación química de los suelos se cuenta el mal manejo (56%) y la deforestación (28%). Resultados similares son reportados por la FAO (1984). También en este caso se desconsideran los efectos de la preparación del suelo sobre la degradación, sin embargo, parece que la mayoría de los técnicos evitan usar el término "preparación del suelo" como responsable de la degradación, prefiriendo usar los términos "mal manejo", e incluyen allí diversos factores, uno de los cuales es la preparación.

Las consecuencias más importantes de la preparación del suelo en los trópicos y subtrópicos y que en general influyen en forma preponderante sobre la degradación acelerada de los suelos son la erosión y la pérdida de materia orgánica de los mismos (Derpsch 1999).

2.9.1 Erosión

La ocurrencia de la erosión del suelo puede ser considerada el factor más importante en relación con la degradación de los suelos. Según Reis (1996), dentro del concepto de sustentabilidad el primer factor negativo de la productividad, del lucro y el mayor agresor del ambiente es la erosión del suelo. Consecuentemente, la sustentabilidad, solamente será alcanzada por el control total de la erosión.

Cuando la agricultura es practicada en suelos con declive y con lluvias de cierta intensidad, la preparación, y la consecuente desnudación del suelo, tiene como resultado la erosión hídrica y en regiones con fuertes vientos la erosión eólica (Derpsch 1999).

En un mismo experimento se verificó que precipitaciones fuertes (186 mm) ocurridas en pocos días causaron pérdidas extremas de suelo en labranza convencional que llegaron a 46.545 kg/ ha, mientras que en la parcela adyacente de siembra directa fueron registradas pérdidas de solamente 99 kg/ ha, ambas con 8% de pendiente del terreno. Esto significó una pérdida de suelo 470 veces mayor en suelo preparado (Derpsch 1999).

Las altas pérdidas de suelos agrícolas deben compararse con la tasa anual de regeneración natural de un suelo, que se calcula en 250 a 500 kg/ ha/ año. Cuando las pérdidas de suelo por erosión son mayores que la tasa natural de regeneración, no es posible obtener una agricultura sostenible (Derpsch 1999). Estudios recientes muestran que la erosión es un proceso selectivo, donde las partículas más fértiles del suelo son llevadas por la erosión. Según Stocking (1988) por ejemplo, las partículas arrastradas por la lluvia son aproximadamente 2,5 veces más fértiles que el suelo que les dio origen.

El control de la erosión continúa siendo uno de los motivos principales del porqué la siembra directa es adoptada en muchos países. Ninguna otra tecnología desarrollada hasta ahora por el hombre ha sido tan eficiente en controlar la erosión y conseguir una producción de alimentos verdaderamente sustentable, como es el caso de la siembra directa (Baker *et al.* 1996).

2.9.2 Materia orgánica

En los trópicos y subtrópicos la materia orgánica tiene un papel preponderante como termómetro de la fertilidad de un suelo. Un suelo con tenores altos de materia orgánica producirá rendimientos mucho mayores que el mismo suelo con tenores bajos de este elemento.

Según Cannell y Hawes (1994), la materia orgánica del suelo es probablemente una de las características más importantes relacionadas a la

calidad del suelo, debido a su influencia sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Debido a que la capacidad de intercambio catiónico de la mayoría de los suelos tropicales es muy baja (Sánchez 1976), la materia orgánica tiene una importancia mucho mayor como almacenadora de nutrientes en los trópicos que en las zonas templadas. Así, el efecto de fertilizantes minerales es grandemente disminuido cuando no se agrega al mismo tiempo materia orgánica (Kotschi 1987). Por otro lado, es necesario considerar que la materia orgánica es mineralizada cerca de cinco veces más rápidamente en los trópicos que en las regiones templadas (Sánchez y Logan 1992).

Por lo expuesto se puede afirmar, que cualquier sistema de producción agrícola que no agregue suficientes cantidades de materia orgánica y/ o que disminuya paulatinamente el tenor de materia orgánica del suelo por debajo de un nivel adecuado, es inapropiado para el lugar, tiene como consecuencia la degradación de los suelos y no es sostenible.

2.10. Influencia de la preparación del suelo sobre el contenido de materia orgánica y el rendimiento

La preparación del suelo tiene como consecuencia la rápida mineralización de la materia orgánica de la reserva del suelo, liberando nitrógeno que queda a disposición de las plantas. Esto puede llevar durante pocos años a un aumento del rendimiento de los cultivos. Sin embargo, si se realiza la preparación del suelo en condiciones favorables para la mineralización de la materia orgánica (calor, humedad, buena aireación), y se deja en barbecho (descanso), se pierden valiosas reservas de nitrógeno por lixiviación (lavado a camadas profundas), sin que los cultivos puedan utilizarlas.

Una vez que se ha consumido la materia orgánica, no puede ser liberado más nitrógeno y los rendimientos de los cultivos permanecen bajos. El resultado es un suelo agotado y cansado, al que le falta la tan indispensable materia orgánica (Derpsch 1999).

Para evitar la depauperación (deterioro) del contenido de materia orgánica del suelo es necesario (Derpsch 1999):

- ? Eliminar la preparación del suelo y practicar una agricultura basada en la cobertura permanente del suelo, como por ejemplo: la siembra directa.
- ? Sembrar abonos verdes que retornen al suelo la cantidad de materia orgánica consumida y mantengan el suelo cubierto en las épocas en que no crecen cultivos.
- ? Practicar la rotación de cultivos, con inclusión de especies productoras de grandes cantidades de materia orgánica (ej, maíz), y
- ? Eventualmente fertilizar con nitrógeno.

Una combinación, o la suma de las medidas descritas, tendrá mejores posibilidades de éxito. Sin embargo, es conveniente recordar que la restitución de la fertilidad de un suelo depauperado es un proceso lento, que solamente presentará resultados positivos después de varios años de persistencia. Lo mejor es manejar bien el suelo y no permitir una situación en que las reservas de materia orgánica se agoten y el suelo muestre síntomas de suelo cansado.

El efecto a largo plazo (100 años) de la preparación del suelo sobre la materia orgánica en el noroeste de los EE.UU. (clima temperado), es descrito por Rasmussen y Smiley (1989). En ese período fue medida una reducción en el contenido de materia orgánica de 2,7% a 1,5% cuando los residuos vegetales no fueron quemados. Cuando fueron aplicados 22 t/ ha/ año de estiércol de corral desde 1930 hasta 1981, solamente un pequeño aumento en el tenor de materia orgánica de 1,9% a 2,1% fue medido.

Sin embargo, es necesario recordar que en el clima tropical esta reducción se procesa en forma mucho más acelerada y se observan reducciones por debajo de 1% y algunas veces hasta 0,2% de materia orgánica en apenas una o dos décadas de laboreo intensivo del suelo (Derpsch 1999).

Los rendimientos de maíz sin nitrógeno fueron inicialmente mucho más bajos en siembra directa que en el sistema de preparación convencional, debido al agotamiento de la materia orgánica. Esta situación cambió después de 12 años y desde entonces los rendimientos en siembra directa sin nitrógeno siempre fueron más altos que en convencional (Grant Tomas 1996, citado por Derpsch 1999).

Por otro lado, Dijkstra (1997) citado por Derpsch (1999), uno de los pioneros de la siembra directa en los "Campos Gerais" de Ponta Grossa, Paraná, Brasil, informa, que el tenor medio de materia orgánica en su propiedad en el año 1967, en campo nativo (que nunca había sido arado), era de 3 a 3,5%. Después de apenas 8 años de agricultura con preparación convencional del suelo, el porcentaje de materia orgánica de esos suelos arenosos había disminuido para 1,8 a 2.2%. A partir de 1976 Dijkstra inicia la siembra directa con rotación de cultivos y más tarde incorpora también la práctica de los abonos verdes. Hoy, después de 20 años sin labranzas, los tenores de materia orgánica oscilan entre 4,4 y 6.5%, o sea son más altos de cuando su propiedad estaba bajo pastura natural, antes de iniciar el uso agrícola de los suelos.

Las productividades de los cultivos acompañaron el aumento de la materia orgánica. Se obtuvo que los rendimientos de soja aumentaron de 2.300 kg/ ha en 1977 a 3.340 kg/ ha en el año 1997 y que los rendimientos de maíz aumentaron de 3.900 kg/ ha en 1977 a 7.870 kg/ ha en el año 1997. De acuerdo con Dijkstra, estos aumentos de rendimiento fueron conseguidos con una reducción de 50% de la fertilización en soja y de 30% en maíz. Aunque hubo cambios en las variedades de soja utilizadas, el material genético del cual provenían fue prácticamente el mismo. En maíz se mantuvieron los mismos híbridos durante mucho tiempo y solamente en los últimos años se utilizaron materiales genéticos más avanzados.

Todos los que acompañaron la expansión del área cultivada de los "Campos Gerais" en el final de la década de los años 60 e inicio de los 70, se sabe que esas tierras nunca deberían haber sido labradas. La erosión y la rápida degradación de la materia orgánica estaban tomando suelos productivos en suelos altamente degradados, capaces de soportar apenas algunas cabezas de ganado en un sistema extensivo. La agricultura convencional empobrecía a

la tierra y al agricultor, no era y no es sustentable. Frank Dijkstra y el agricultor Manuel Enrique Pereira, presidente de la Asociación Brasileña de Productores de Cero Labranza, también oriundo de los "Campos Gerais", vienen repitiendo este mensaje en todo el Brasil y también en el extranjero. "La labranza mínima es una cuestión de sobrevivencia" y es la mejor forma de mantener y mejorar la productividad de los suelos a través del tiempo. Los aumentos sostenidos de la producción obtenidos por Dijkstra muestran en forma elocuente la verdad de esta afirmación (Derpsch 1999).

2.11 Efectos de la mínima labranza en diferentes propiedades del suelo

Investigaciones científicas a nivel mundial muestran que la mínima labranza, en comparación con la preparación convencional de los suelos con el arado, tiene efectos positivos sobre las características químicas, físicas y biológicas del suelo (Karlen *et al.* 1994, Kochhann 1996). Primero porque reduce drásticamente la erosión a valores similares a la regeneración natural del suelo; segundo, porque no sólo mantiene, sino aumenta los tenores de materia orgánica en el suelo, y tercero, porque la temperatura del suelo se mantiene baja.

2.11.1 Efecto de la labranza sobre las propiedades químicas

La mínima labranza, en comparación con la preparación convencional de los suelos, tiene efectos positivos en las propiedades químicas más importantes del suelo. Bajo el sistema de mínima labranza se registran mayores valores de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, como también mayores valores de pH y mayor capacidad de intercambio catiónico, pero menores tenores de aluminio (Sidirias y Pavan 1985 Derpsch *et al.* 1986, Lal 1976, Lal, 1983, Crovetto 1992).

En cuanto a las determinaciones químicas, se ha observado que el efecto de la profundidad es un factor determinante en algunas variables tales como el pH, potasio, calcio, fósforo, materia orgánica y magnesio (Bravo 1993). En algunos

estudios se han obtenido resultados satisfactorios en el sistema conservacionista, reflejado por los valores más altos de las variables químicas evaluadas.

La labranza convencional y la mínima labranza tienen influencia sobre las propiedades químicas del suelo como las mencionadas anteriormente.

A continuación se hará una determinación del efecto que esto tiene sobre los elementos mayores requeridos por la planta:

2.11.1.1 Nitrógeno

Es el componente fundamental de todas las moléculas orgánicas involucradas en los procesos de crecimiento y desarrollo vegetal, participa activamente en los principales procesos metabólicos: fotosíntesis, respiración y síntesis proteica. Su deficiencia se manifiesta con una clorosis que aparece en las hojas más viejas (Bertsch 1998).

Espinosa (1995) menciona que la eficiencia del nitrógeno aplicado como fertilizante en un sistema de mínima labranza es menor que en un sistema de labranza convencional, especialmente cuando se aplican niveles bajos. La inmovilización del nitrógeno es un proceso significativo en el sistema de mínima labranza, el nitrógeno aplicado a la superficie del suelo es utilizado por los microorganismos, quienes lo incorporan en su estructura inmovilizándolo de esta forma en la fracción orgánica.

Estudios realizados en los Estados Unidos señalan de que existe una menor concentración de nitratos a la siembra bajo el sistema de mínima labranza (Carefoot 1990 y Lamb 1985, citados por Quiroga *et al.* 1995).

En el sistema de labranza convencional el fertilizante puede perderse por lixiviación por efecto de la lluvia, o por escurrimiento al quedar sin ninguna cobertura. En un sistema de mínima labranza se evita este tipo de pérdida, pero se incrementa la pérdida por inmovilización como ya fue mencionado. Para que el rastrojo que queda en la superficie sea degradado por los microorganismos se requiere una mayor concentración de nitrógeno para mantener la relación C:N, aprovechando esos microorganismos degradadores gran cantidad del N aplicado.

Numerosos estudios han demostrado que las aplicaciones subsuperficiales de N por debajo de la capa de residuos dan mejores resultados que las aplicaciones superficiales (Espinosa 1995).

2.11.1.2 Fósforo y Potasio

El fósforo forma parte de la molécula de ATP, por lo que participa en todos los procesos metabólicos que involucran energía, su deficiencia se manifiesta con una coloración verde oscura o azulada en las hojas o mediante la formación de pigmentos antocianinícos que confieren a la hoja coloraciones púrpura (Bertsch 1998).

El potasio participa en casi todos los procesos: respiración, fotosíntesis, aparición de clorofila, participa en la regulación osmótica e hídrica de la planta y en la permeabilidad de las membranas; una deficiencia en la planta presenta aparición de un moteado de manchas cloróticas, seguido por el desarrollo de zonas necróticas en la punta y los bordes de las hojas (Bertsch 1998).

Datos de análisis en suelos tropicales en fincas con sistemas de mínima labranza indican una acumulación de potasio y de potasio en una capa de 0 a 5 cm (Landers 1994, citado por Espinosa 1995).

Landers (1994) citado por Espinosa (1995), agrega que al iniciar un sistema de mínima labranza en suelos infértiles como los Ultisoles y Oxisoles, se exige más que en ningún otro tipo de suelo, mejorar las condiciones de fertilidad a niveles óptimos, lo que se logra con la corrección profunda del suelo con cal, yeso, P, K y micronutrientes.

2.11.2. Efecto sobre las propiedades físicas

Las propiedades físicas del suelo bajo el sistema de la siembra directa, en comparación a la preparación convencional, se registran mayores tasas de infiltración (Roth 1985), lo que lleva a una drástica reducción de la erosión. Las investigaciones a campo muestran que en Siembra Directa se miden mayores tenores de humedad y temperaturas más bajas del suelo (Kemper y Derpsch 1981, Sidiras y Pavan 1986). Al mismo tiempo, se registra una mayor densidad

del suelo (Lal 1983, Derpsch *et al.* 1991), la cual algunos científicos califican como negativa. En el Paraguay, Brasil y Argentina, sin embargo, a pesar de la mayor densidad de los suelos bajo siembra directa, se logran mayores rendimientos con este sistema.

2.11.2.1 Densidad aparente

Se define como el peso del suelo seco sobre el volumen total, este último se obtiene en el campo, desplazando una cierta cantidad de suelo que incluye tanto la parte sólida como el espacio poroso (Rodríguez 1997).

La labranza tiende a disminuir temporalmente la densidad aparente y aumentar la porosidad total del suelo superficial o capa arable; por otra parte, las capas por debajo del suelo arable tienden a aumentar la densidad aparente y reducir la porosidad por la presión aplicada por el pase de maquinaria e implementos de labranza (Pla 1995). Una baja densidad aparente causa un rápido secado del suelo y déficit de agua para las plantas, mientras una alta densidad aparente causa pobre aireación y alta resistencia mecánica a la penetración de la raíz (Pla 1995).

La densidad y porosidad del suelo está directamente relacionada con el desenvolvimiento de las raíces, aireación y absorción de agua, así como con otras actividades biológicas (Gassen y Gassen 1996); por lo que es importante proporcionar el espacio suficiente para el buen desarrollo y funcionamiento activo de las raíces.

Con la mínima labranza se puede obtener una disminución en la densidad aparente y un aumento en la porosidad al reducirse el pase de implementos pesados y la alteración de la capa superficial.

2.11.2.2 Propiedades hidráulicas

Es la habilidad que tienen los suelos para retener y transmitir el agua, lo cual depende de la geometría del espacio poroso, la cual es modificada por las operaciones de labranza. Las principales propiedades hidráulicas son la capacidad hídrica (relación entre contenido de agua y succión) y la conductividad hidráulica (función del contenido o succión del agua en el suelo) (Pla 1995).

El incremento de la densidad aparente por el efecto de la labranza afecta más los poros de mayor tamaño, reduciendo la capacidad de retención de agua a succiones bajas e incrementando un poco la capacidad de retención a succiones altas (Pla 1995).

Con la labranza generalmente se busca provocar cambios en la porosidad y distribución del tamaño de los poros, para aumentar la infiltración y redistribución del agua de lluvia en el perfil del suelo, en parte para reducir pérdidas de agua por escorrentía y de suelo por erosión y aumentar la reserva de agua disponible para el cultivo (Pla 1995).

La mínima labranza reduce la compactación de capas inferiores del suelo, permitiendo una mayor conductividad del agua a esas capas, además de no alterar la porosidad del suelo.

2.11.2.3 Compactación

Se refiere a un aumento en la densidad del suelo o disminución del volumen, debido a fuerzas externas que se presentan en la capa arable (Pla 1995).

La compactación del suelo ocurre durante las operaciones de movilización de superficies del suelo, en condiciones ambientales inadecuadas con uso excesivo de implementos para la labranza. En un sistema convencional de manejo, la compactación puede ser también originada por inadecuación en la calibración, cuya recomendación es de 0 a un máximo de 20 cm de profundidad para hacer una incorporación superficial de residuos (Saltón *et al.* 1998).

En un sistema de mínima labranza, sin embargo, puede aparecer alguna compactación del suelo, en virtud del proceso de compresión causado por tráfico excesivo de máquinas y vehículos, con suelos en condiciones de humedad por encima de lo ideal (Saltón *et al.* 1998).

Phillips y Young (1973), mencionan que el grado de compactación depende del uso y del tamaño de la maquinaria, asegurando que se reduciría la compactación en un sistema de mínima labranza, si se evitara el uso continuo de maquinaria y vehículos en la plantación. También agrega que el grado de

compactación depende de la textura y de la estructura del suelo, siendo los suelos arcillosos los más susceptibles a la compactación.

El exceso de compactación del suelo reduce el espacio poroso por donde se infiltra el agua y aire necesario para el desarrollo radical, dando como consecuencia bajos rendimientos en el cultivo. Torres *et al.* citado por Saltón *et al.* (1998), mencionan que no se puede implantar un sistema de siembra directa en suelos ya compactados, porque se puede dificultar el desenvolvimiento de las raíces, disminuir la aireación del suelo, alterar las condiciones físicas y químicas para el desarrollo de microorganismos favorables para las plantas; también menciona que disminuya la tasa de infiltración, permeabilidad y almacenamiento de agua en el perfil del suelo.

Este mismo autor cita que en caso necesario de establecer un sistema de mínima labranza en un suelo compactado, se puede realizar la ruptura del suelo hasta una profundidad de 30 cm, lo cual puede realizarse con un subsolador.

2.11.2.4 Evaporación

Es el proceso por el cual el agua vuelve a la atmósfera desde el suelo en su superficie (Pla 1995).

La labranza puede afectar la evaporación del agua del suelo, desde reducirla drásticamente hasta facilitarla, debido a que la labranza afecta las propiedades hidráulicas que influyen sobre el flujo de agua líquida y altera las condiciones de la superficie del suelo, que determinan la evaporación, al influir sobre la distribución y profundidad de las raíces y sobre el desarrollo del cultivo y de malas hierbas, también afecta las tasas de transpiración o evaporación a través de la planta (Pla 1995).

Según Pla (1995), la labranza tiende a incrementar las tasas de evaporación a corto plazo y a disminuirlas a largo plazo, al quedar expuesto el suelo húmedo a la atmósfera exterior, además de la mayor rugosidad superficial provista por la labranza.

2.11.3 Efectos sobre las propiedades biológicas

La mínima labranza tiene un efecto las propiedades biológicas del suelo dado que no se utilizan implementos que destruyen los “nidos” y canales que construyen los microorganismos, de manera que hay una mayor actividad biológica bajo este sistema. Además, los microorganismos no mueren de hambre bajo este sistema (como en el caso de los suelos descubiertos de la agricultura convencional), porque siempre se encuentran sustancias orgánicas en la superficie que proveen los alimentos necesarios. Finalmente, las condiciones más favorables de humedad y temperatura también tienen un efecto positivo en la vida de los microorganismos del suelo. Por ello, en el sistema de cero labranza se registran más lombrices, más artrópodos (acarina, colémbolas, insectos), más microorganismos (rizobios, bacterias, hongos, micorrizas y actinomicetos), (Kemper y Derpsch 1981, Kronen 1984, Voss y Sidirias 1985).

La presencia de una cubierta de residuos en la capa superficial del suelo que queda cuando se emplea el sistema de labranza conservacionista, crea condiciones aptas para el desarrollo y sobre vivencia de una gran diversidad de microorganismos, los que inclusive, pueden completar su ciclo de vida bajo la cubierta muerta y hasta reproducirse (Pitelli 1995).

2.12 Comportamiento de plagas y enfermedades

Algunas enfermedades aumentan con la mínima labranza (Homechin 1984, Igarashi 1981, Reis 1996, Reis y Santos 1987, Reis *et al.* 1988). Por ello, este sistema no debe practicarse en forma de monocultivo. Generalmente, una rotación de cultivos equilibrada con el uso de abonos verdes es suficiente para neutralizar este aspecto negativo de la siembra directa. Con respecto a las plagas, dicho sistema puede tener efectos positivos como negativos, lo cual depende del insecto dañino específico como de las condiciones climáticas en los diversos años. Generalmente aumenta la diversidad de insectos, ácaros, etc., porque en las capas de mulch encuentran mejores condiciones para su reproducción. Esto tiene la ventaja de que también se desarrollan muchos insectos útiles (predadores), con lo que surge un equilibrio y consecuentemente en

muchos casos se puede disminuir el uso de productos fitosanitarios. La mínima labranza potencia el control biológico e integrado de plagas.

El potencial de la producción agrícola es el resultado de la interacción de una serie de factores bióticos y abióticos que incluyen a las plagas y a las enfermedades de las plantas como una de las más importantes limitantes del rendimiento y calidad del cultivo (Ivancovich 1997). Los residuos vegetales que permanecen en la superficie del suelo, constituyen una fuente de inóculo para ciertas enfermedades como las manchas foliares (Martino 1995). Es por eso que se podría esperar en un sistema de cero labranza un aumento en la incidencia de este tipo de enfermedades y de plagas, principalmente del suelo, y con ello un aumento en el uso de fungicidas, insecticidas y nematicidas. Mediante el uso de la labranza convencional se eliminan patógenos de gran importancia al ser incorporados a capas más profundas del suelo. También la mayoría de plagas quedan expuestas a depredadores y a la deshidratación por el calor del sol, por su parte, las plagas en el monocultivo se incrementan si no se utiliza rotación de cultivos.

Indiferentemente al sistema que se utilice para un eficiente control de plagas y enfermedades, se deben de utilizar algunas prácticas como:

- ✍ Época de siembra: con el propósito de establecer el cultivo en las condiciones climáticas que más le favorece para su buen desarrollo.
- ✍ La elección de la variedad: de acuerdo a las condiciones climáticas, edáficas y a la presencia de plagas y enfermedades.
- ✍ Densidad de siembra: evitar altas densidades que favorezcan un microclima apto para el desarrollo de patógenos o una baja densidad que beneficie el desarrollo de las plantas.
- ✍ Eliminar hospederos alternos: Cultivos, malezas o plantas silvestres susceptibles al mismo patógeno de un cultivo.
- ✍ Fertilidad del cultivo: una buena fertilización proporciona a la planta los elementos esenciales para su buen desarrollo; por el contrario una planta mal nutrida es blanco fácil de plagas y enfermedades.

- ✍ Utilización de productos químicos: el trato de semillas con fungicidas o desinfectar el suelo podría reducir la población de gusanos tierreros y de algunas enfermedades. También es importante el control de estas plagas durante el ciclo del cultivo.

Es importante mencionar que los cultivos de granos básicos, principalmente en frijol y el maíz, son los que mejor se han adaptado al sistema de labranza mínima (Akobundu 1983, citado por Alan *et al.* 1995).

2.13 Aspectos ambientales

La preparación intensiva del suelo acelera la mineralización de la materia orgánica y convierte residuos de plantas en dióxido de carbono (CO_2), que es liberado a la atmósfera contribuyendo al efecto invernadero, o sea al calentamiento global del planeta.

Investigaciones recientes realizadas en los Estados Unidos por el Departamento de Agricultura (por sus siglas en inglés, USDA), con sofisticados equipamientos muestran que el carbono del suelo es perdido muy rápidamente en forma de dióxido de carbono minutos después de que el suelo es preparado intensamente, y que la cantidad está directamente relacionada con la intensidad de la preparación del suelo. Después de 19 días, las pérdidas totales de carbono en parcelas de trigo fueron hasta cinco veces más altas que las de las parcelas no preparadas. En realidad, las pérdidas de carbono del suelo fueron iguales a la cantidad que había sido adicionada por los residuos del cultivo anterior dejados en el campo (CTIC 1996).

Esto significa, que la pérdida de carbono del suelo (en forma de dióxido de carbono - CO_2) durante las operaciones de preparación, es lo que disminuye los niveles de materia orgánica del suelo. Las emisiones de dióxido de carbono enriquecen la atmósfera con este elemento contribuyendo para el calentamiento global del planeta. Mientras los combustibles fósiles son los mayores productores de dióxido de carbono, se estima que la adopción generalizada de la labranza conservacionista, podría compensar hasta 16% de las emisiones mundiales provenientes de combustibles fósiles (CTIC 1996).

La conversión generalizada de la producción agrícola de la labranza convencional para la labranza conservacionista, cambiaría todo el sistema de manipulación del suelo de una fuente de carbono atmosférico a un depósito de carbono orgánico en el suelo (Kern y Jonson 1993). En otras palabras, al mantener el carbono proveniente de los residuos vegetales en el suelo, los agricultores que practican la siembra directa estarían contribuyendo para reducir los efectos negativos de la labranza convencional sobre el medio ambiente, reduciendo efectivamente el efecto invernadero.

La calidad del agua es mejorada en el sistema de siembra directa. Mientras que el agua que escurre de microcuencas que fueron preparadas convencionalmente es de color marrón y carga una gran cantidad de sedimentos, en las microcuencas en Brasil donde se ha adoptado la Siembra Directa, el agua que escurre es de color claro inclusive después de fuertes lluvias (Derpsch 1999).

El temor de que en la siembra directa se haría necesario mayor uso de herbicidas no se ha confirmado en la práctica. En general, los productores informan que han reducido el uso de dichos productos una vez que han aprendido a usarlos más eficientemente y cuando paralelamente emplean otros métodos de reducción de malezas en el campo, como son la inclusión de abonos verdes y la rotación de cultivos. Además, a pesar de que se utilizan herbicidas para matar las malezas, se registra una mayor actividad biológica en siembra directa, lo que es un indicador de un suelo más sano (Derpsch 1999).

Por otra parte la siembra directa tiene una serie de ventajas laborales para el agricultor porque se elimina la preparación del suelo, lo cual significa economía de tiempo y energía. Se precisan menos HP/ ha y los tractores presentan más años de vida útil. Además, disminuyen los requerimientos de mano de obra. Finalmente, los mayores rendimientos (y la mayor estabilidad de los rendimientos) hacen que este sistema sea más económico y rentable y por ello generalmente es bien aceptado por los productores.

2.14 Suelos

Muchos suelos tropicales son ácidos o contienen aluminio tóxico. Se recomienda a los agricultores de aplicar la cal el año antes de entrar en el sistema

de siembra directa porque es la última oportunidad de incorporarla. Sin embargo resultados más recientes de investigación nos han mostrado, que se puede aplicar la cal en superficie sin incorporar, ya que en los suelos tropicales que en general son bastante permeables y presentan altas tasas de infiltración de agua, la cal se mueve en forma natural a horizontes más profundos del suelo. En este caso se recomienda que los agricultores apliquen pequeñas cantidades de cal cada año, en vez de aplicar grandes cantidades de una sola vez (Derpsch 1999).

2.15 Abonos verdes e incorporación de cal

Los conceptos sobre encalado y fertilización han cambiado bastante en América Latina después de introducir la siembra directa. La experiencia muestra que prácticamente hay que olvidar todo lo que hemos aprendido en las universidades sobre fertilización y encalado y que hay que familiarizarse con los nuevos conceptos sobre el manejo de la fertilidad del suelo en este sistema. Un agricultor pionero, Nono Pereira de Ponta Grossa, Estado de Paraná, Brasil, junto con el investigador Joao Garios Morales de Sá han desarrollado un sistema de siembra directa sobre pastura nativa, en suelos con alta saturación de aluminio, bajo pH y en general bajos niveles de fertilidad. (Los agricultores suelen pulverizar la pastura con herbicidas 3 a 4 meses antes de sembrar para asegurar un buen control de los pastos leñosos). A pesar de las características de baja fertilidad de estos suelos, al aplicar cantidades relativamente pequeñas de cal en superficie y utilizando dosis medias de fertilización, se pueden cosechar cerca de 3.000 kg/ha de soja ya en el primer año. Esto se debe probablemente al alto contenido de materia orgánica de estos suelos, que nunca han sido tocados por implementos de preparación del suelo. Experiencias similares están siendo realizadas en suelos pobres, ácidos y pastura nativa en el Paraguay (Derpsch 1999).

2.16 Encostramiento del suelo

En general la formación de costras en la superficie del suelo no es un problema en siembra directa. Debido al hecho que una cobertura de mulch evita el impacto directo de las gotas de lluvia sobre el suelo desnudo, las costras prácticamente no se forman. Se ha encontrado, que suelos con tendencias fuertes

al encostramiento en el sistema convencional, no presentan problemas de costras en el sistema de siembra directa, toda vez que el suelo esté suficientemente cubierto y protegido con residuos de plantas.

Es de conocimiento general que suelos con mal drenaje no son adecuados para la siembra directa. Afortunadamente la mayoría de los suelos tropicales de América del Sur son bien drenados y en general se adecúan bien a este sistema (Derpsch 1999).

2.17 Superficie ondulada

Obviamente, una máquina de siembra directa no podrá trabajar adecuadamente si la superficie del suelo no está nivelada. En siembra convencional los agricultores muchas veces controlan las malezas mediante el cultivo mecánico. Esto tiende a dejar la superficie del suelo ondulada, siendo necesario nivelarla antes de entrar en el sistema de siembra directa. También, cuando surcos de erosión o pequeñas cárcavas están presentes, o en caso de existir superficies muy rugosas, después de la cosecha, se recomienda que los agricultores nivelen primeramente el suelo, antes de iniciar el sistema de siembra directa, para evitar problemas en la siembra y una mala germinación (Derpsch 1999).

2.18 Compactación del suelo

Compactaciones inducidas por la preparación del suelo en el sistema convencional como pié de arado o pié de rastra, deberán ser eliminadas antes de iniciar la siembra directa. Un escarificador (raramente un subsolador) es en general suficiente para solucionar el problema tanto en Brasil, Paraguay como en la Argentina (Derpsch 1999).

2.19 Cobertura con residuos de cultivos (mulch)

La cobertura permanente del suelo con una camada gruesa de residuos vegetales (mulch) ha sido la clave del éxito en el sistema de siembra directa en América Latina. Los agricultores que no han entendido la importancia de una adecuada cobertura de mulch, no han aún entendido el sistema. Nuestra meta es

tener por lo menos 6 o si es posible más de 10 toneladas de materia seca de residuos de cultivos comerciales y abonos verdes por hectárea cada año. Esto resulta en una buena supresión de malezas, en un efecto positivo del mulch sobre la humedad y temperatura del suelo, y en una mejoría de las cualidades químicas, físicas y biológicas del suelo. No solamente es importante la cantidad de mulch sino también la distribución. Las cosechadoras deberían tener un dispositivo bien diseñado para distribuir los restos de cosecha uniformemente en todo el ancho de corte. Pocas veces los fabricantes de cosechadoras han entendido este requerimiento de la siembra directa. El resultado es una distribución despareja de los residuos, con un exceso de material en el centro y poco o nada en los extremos. Esto resulta en un mal desempeño de los herbicidas y de las máquinas sembradoras (Derpsch 1999).

Fuera de los factores limitantes mencionados los agricultores también tienen que aprender sobre la Influencia de la siembra directa sobre las cualidades químicas, físicas y biológicas del suelo, su impacto sobre el agua superficial y el medio ambiente, sobre rendimientos y sobre todo sobre la rentabilidad del sistema.

2.20 Pasos en la adopción de la mínima labranza

Se ha observado frecuentemente que algunos agricultores luego de escuchar sobre las bondades de la siembra directa compran una máquina especializada. Esto ha llevado en muchos casos al fracaso en la aplicación de la tecnología. En general los agricultores solamente deberían comprar una sembradora para la siembra directa después de adquirir los conocimientos necesarios sobre todos los componentes del sistema.

A seguir se hace un listado de los 10 factores más críticos que deberían ser considerados antes de adoptar esta tecnología:

- 1) Mejore su nivel de conocimientos, principalmente en control de malezas
- 2) Analice el suelo, incorpore cal y corrija eventuales deficiencias de nutrientes
- 3) Evite suelos con mal drenaje

- 4) Nivela el suelo
- 5) Elimine compactaciones del suelo
- 6) Produzca paja o cobertura muerta
- 7) Compre una máquina especializada
- 8) Inicie en aproximadamente en un 10% de la propiedad
- 9) Practique la rotación de cultivos
- 10) Manténgase actualizado

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

El trabajo se realizó en la finca del señor Rodolfo Ocampo Cortez, ubicada en Upala, cantón #13 de la provincia de Alajuela y de acuerdo a la hoja cartográfica del Instituto Geográfico Nacional, entre las coordenadas 424° y 425° latitud norte y 320° y 321° longitud oeste. Esta comunidad está a una altura de 50 msnm.

3.2. Condiciones climáticas

3.2.1. Temperatura.

La temperatura máxima promedio anual fue de 33.84 °C y la mínima era de 19.23 °C, para un promedio anual de 26.54 °C. La temperatura máxima se dio en el mes de Mayo (35.6 °C) y la mínima en los meses de Febrero y Marzo (16.8 °C). (Cuadro 1). Al momento de la siembra la temperatura promedio fue de 27.25 °C.

3.2.2. Humedad relativa (HR)

La humedad relativa máxima se dio en los primeros 4 meses del año: Enero, Febrero, Marzo y Abril (100 %) (Cuadro 1), mientras la mínima en el mes de Marzo (38 %). La HR promedio anual fue de 71.13 % (Cuadro 1). Al momento de realizar la siembra la HR fue de 70.5 %.

3.2.3. Precipitación

La precipitación anual fue de 2323.8 mm y con precipitación promedio mensual fue de 193.65 mm (Cuadro 1), siendo el mes de Junio el que más lluvia presentó (355.9 mm), mes en que precisamente se realizó la siembra. El mes con menos precipitación fue Marzo (25.4 mm).

3.2.4. Radiación solar

La mayor radiación solar (Cuadro 1) se dio en el mes de Noviembre (18.2 Mega Julios (MJ)) y el mes con menor radiación solar fue Enero (11.6 MJ); la radiación promedio anual fue de 15.24 MJ (Cuadro 1). Al momento de la siembra la radiación fue de 13.3 MJ.

Cuadro 1. Condiciones climáticas reportadas en el año 2001. Upala, 2001.

	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Humedad Relativa Máxima (%)	Humedad Relativa Mínima (%)	Precipitación (mm)	Radiación (Mega Julios)
Enero	31,7	17,3	100	44	96,2	11,6
Febrero	32,7	16,8	100	45	94,5	16,3
Marzo	35,2	16,8	100	38	25,4	17,3
Abril	35,6	19,4	100	40	88,1	16,9
Mayo	35,6	18,6	98	42	89,4	16,7
Junio	33,8	20,7	97	44	355,9	13,3
Julio	32,8	21,1	97	52	311,6	13,9
Agosto	34,8	21,1	97	50	249,6	12,4
Septiembre	34,5	20,1	97	50	311	14,3
Octubre	34	21,1	98	47	294,2	14,4
Noviembre	33,5	20	97	52	133,3	18,2
Diciembre	31,9	17,8	97	48	274,6	17,6
Total	406,1	230,8	1178	529	2323,8	182,9
Promedios	33,84	19,23	98,17	44,08	193,65	15,24

Fuente: Instituto Meteorológico Nacional.

3.2.5. Suelo

Los suelos ideales para el desarrollo del cultivo son arcillosos, arcillo-arenosos o arcillo-limosos. En este caso el suelo se clasificó de acuerdo a su textura en arcilloso (53.08 %) (Figura 1).

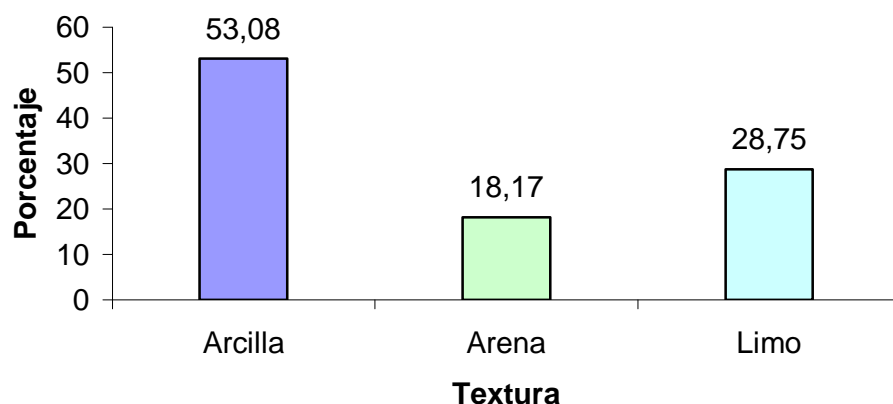


Figura 1. Composición textural de suelo, de muestra obtenida en finca en Upala, 2001.

3.3. Periodo de trabajo

El trabajo de campo se realizó del 19 de Junio al 23 de Octubre del 2001, coincidiendo esta última con la fecha de cosecha.

3.4. Material genético utilizado

El material genético utilizado fue la línea CR-2515.

3.5. Siembra

Para realizar la siembra se utilizó una sembradora de mínima labranza marca Tatú, modelo SDA²E de 90 HP con 15 líneas de descarga de semilla y fertilizante, con un ancho de labor de 2,4 m y una capacidad de depósito de semilla de 430 kg y de 680 kg de fertilizante. Para las labores de siembra dicha máquina fue acarreada por un tractor Valmet 980 de doble tracción y 110 HP.

3.6. Variables evaluadas

3.6.1. Población de plantas

Se realizó una estimación de la población de plantas de arroz durante la etapa vegetativa y reproductiva, con la finalidad de verificar si la población de plantas germinadas era congruente con la cantidad de semilla sembrada.

En la etapa vegetativa esta labor se hizo a los 15 días después de la siembra (dds) (antes del macollamiento). Se contó el número de plantas en un metro lineal, para un total de 20 m lineales distribuidos en todo el lote; cada sitio de muestreo fue escogido aleatoriamente. El número de plantas por metro lineal se extrapoló a un metro cuadrado y con ello se estimó la población de plantas (densidad) por hectárea. Este procedimiento se repitió a los 60 dds (después del macollamiento).

En la etapa reproductiva se estimó la población de plantas productivas en el cultivo de arroz aplicando el mismo procedimiento descrito en la variable anterior. La evaluación se hizo luego del periodo de floración, pero con la variante lógica que se contaron todas las plantas (plantas madres e hijos o macollos).

3.6.2. Altura de plantas

La altura de la planta se midió desde la base hasta la hoja más alta (hoja bandera) a los 80 días de edad del cultivo (etapa de embuchamiento). Se tomaron muestras de un metro lineal cada una distribuidas en toda el área del lote en total, se tomaron 20 submuestras; se obtuvo el promedio y la desviación estándar del tamaño de las plantas.

3.6.3. Análisis de suelo

3.6.3.1. Análisis químico del suelo y de materia orgánica

Se tomó una muestra en el lote, compuesta por 15 submuestras, tomadas a una profundidad de 0-15 cm; para cada submuestra se utilizó cinta métrica para medir la profundidad, un palín con el que se extrajeron las muestras de tierra y un

saco donde se mezclaron todas las submuestras y se procedió a tomar una muestra representativa. La muestra fue enviada al laboratorio para analizar pH, % de acidez, P, K, Al, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, B, S y materia orgánica.

Se graficó el comportamiento de cada uno de los elementos analizados y la materia orgánica de acuerdo a los datos obtenidos. Para su interpretación se tomó como referencia los niveles de los elementos según el Cuadro 2.

Cuadro 2. Guía para la interpretación de análisis de suelo

	BAJO	MEDIO	ALTO
pH	5.0	5.5-6.5	> 6.5
Bases intercambiables(cmol/L)			
Calcio	< 4	4 – 20	> 20
Magnesio	< 1	1 – 10	> 10
Potasio	< 0.2	0.2 – 1.5	> 1.5
Fósforo y elementos menores(mg/L)			
Fósforo	< 10	10 - 40	> 40
Manganeso	< 5	5 – 50	> 50
Zinc	< 3	3 – 15	> 15
Cobre	< 1	1 – 20	> 20
Hierro	< 10	10 - 50	> 50
Relación entre bases			
Ca/Mg	< 2	2 – 5	> 5
Mg/K	< 2.5	2.5 - 15	> 15
Ca + Mg/K	< 10	10 - 40	> 40
Ca/K	< 5	5 – 25	> 25
% MO			
	< 2	2 - 4.5	> 4.5

Fuente: Kass D. 1996

3.6.3.2 Análisis macro y microbiológico del suelo

Se tomó dos muestras en el lote, cada una compuesta por 10 submuestras, se tomaron a una profundidad de 10 cm, con la diferencia de que para el análisis

macrobiológico la muestra llevaba los rastros presentes, mientras que el microbiológico fue sólo tierra. Las muestras fueron empacadas en bolsas de papel y enviadas al laboratorio para los análisis respectivos por supuesto con su respectiva rotulación cada una de ellas. En microbiología se solicitó análisis de bacterias, actinomicetos y hongos, y en macrobiológico los artrópodos presentes en la muestra.

3.6.4 Evaluación de la población de malezas

Se hizo un muestreo de malezas previo a la primera aplicación de herbicida aplicado en postemergencia. El muestreo de malezas se hizo mediante un recuento de las mismas obtenidas en un cuadro de 50 cm x 50 cm se realizó un total de 20 submuestras para obtener una muestra bien representativa del lote en estudio. Estas malezas fueron identificadas por su nombre científico (género y especie).

3.6.5 Comportamiento de plagas y enfermedades

Se le dio seguimiento a la incidencia de plagas y enfermedades que pudieran presentarse durante el ciclo del cultivo. No se realizaron monitoreos, sino que se determinó la presencia de plaga o enfermedad por observación de campo. Se trató de dar solución a cualquier problema fitosanitario que se presentara.

3.6.6 Fertilización

Se describió el plan de fertilización aplicado por el agricultor, el cual consistió en aplicar los nutrientes necesarios requeridos por el cultivo y en el momento más idóneo para así poder obtener una buena cosecha.

3.7 Variables de rendimiento

3.7.1. Tallos efectivos y no efectivos

Previo a la cosecha se recolectaron 12 muestras de un metro lineal cada una, al momento en que el cultivo se encontraba en la etapa reproductiva de llenado de grano. Se cortaron todas las plantas a nivel de suelo y se dividieron en tallos efectivos (con panícula) y no efectivos (sin panícula).

3.7.2. Longitud de la panícula

La longitud de la panícula se obtuvo midiendo las panículas, encontradas en un metro lineal, desde el nudo ciliar hasta la punta de la panícula. Esta medición se hizo en 20 muestreos de un metro lineal distribuidos dentro del lote en estudio.

Las longitudes se clasificaron por frecuencias, a saber:

- ✍ Frecuencia 1: Panículas mayores a 20 cm
- ✍ Frecuencia 2: Panículas entre 15 y 20 cm
- ✍ Frecuencia 3: Panículas menores a 15 cm

3.7.3. Peso de 1000 granos

Del total de panículas recolectadas se tomó una muestra de 1000 granos para pesarlos.

3.7.4. Rendimiento (kg/ha)

Este rendimiento fue cuantificado en kg/ha de arroz, se utilizó el peso limpio y seco dado por la arrocera (sacos/ha).

3.7.5. Relación costo/beneficio en el cultivo de arroz sembrado en mínima labranza

Se llevó un registro de los costos de producción de una hectárea de cultivo sembrado en labranza mínima, y se hizo una relación con los ingresos proveniente de la venta del grano.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Siembra

La siembra se efectuó bajo condiciones de humedad alta, no obstante, con el uso de la máquina de mínima labranza se realizó la siembra sin ningún problema.

La línea de arroz cultivada fue la CR-2515 a una densidad de 253 kg/ha, con fertilizante de la fórmula 10-30-10 a una dosis de 115 kg/ha; la semilla fue depositada en el suelo a chorro continuo a una distancia de 15,8 cm entre hilera. La semilla que se utilizó no fue certificada. El área de siembra fue de 12 hectáreas y se asperjó en toda la finca.

La información fue obtenida del agricultor el señor Rodolfo Ocampo C.

4.2. Población de plantas de arroz antes y después del macollamiento

Antes del macollamiento el promedio de tallos/m² fue de 287 ± 21 , mientras que luego del macollamiento se obtuvieron 605 ± 19 (Figura 2); esto dio una relación de 1,11 hijos por planta madre.

Un exceso de rastrojo puede incidir sobre la germinación de la semilla evitando que mucha de ella emerja por falta de luz o por encontrar una barrera física.

El cultivo de arroz tiene la capacidad de macollar, es decir, de emitir hijos a partir de una planta madre. Las plantas madres son las más productivas por lo que en un sistema de cultivo se requiere que exista el menor número posible de hijos, ya que parte de la energía que la planta madre utiliza para la producción, es destinada al desarrollo de los macollos; de ahí es donde se puede dar una disminución en el número de granos por panículas y por ende una disminución en la producción.

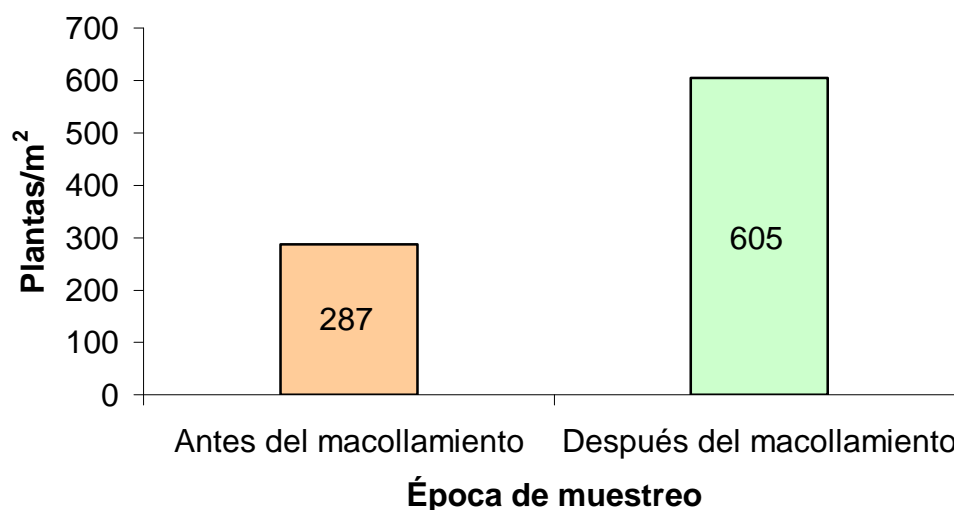


Figura 2. Población de plantas de arroz antes y después del macollamiento. Upala, 2001.

4.3. Altura de plantas

La altura de plantas se evaluó previo a la cosecha, donde se obtuvo una altura promedio de 91,09 cm \pm 11.15 en el lote, obteniéndose una buena altura para evitar el volcamiento de las plantas, ya que los tallos de esta línea no son tan fuertes.

La altura alcanzada es aceptable a pesar de que no se aplicó mucho nitrógeno. Es importante recalcar que el nitrógeno es uno de los elementos nutritivos de mayor importancia que necesitan las plantas para su crecimiento. Entre las funciones que tiene el nitrógeno en la planta está el promover el rápido desarrollo de las plantas, aumentando la altura y el número de hijos, y que a la vez incide en el incremento del rendimiento del grano (Cordero 1993).

4.4. Análisis químico y biológico del suelo

4.4.1 Análisis químico

Se obtuvo un pH de 5.01 el cual se encontraba entre el rango establecido, pero ligeramente ácido (Figura 3).

En relación con el contenido de materia orgánica (M.O) se estima que un buen suelo posee entre 2 y 4.5% (Figura 4), aunque esto depende de la naturaleza del suelo, del manejo de la finca, del cultivo utilizado, entre otros factores. Al respecto los niveles de M.O obtenidos fueron relativamente aceptables.

Es importante mencionar que en un sistema de mínima labranza en la capa superficial del suelo debería ser mayor el contenido de materia orgánica por la acción aeróbica de los microorganismos; no obstante, para que se comiencen a ver cambios en un sistema de mínima labranza se requiere tiempo.

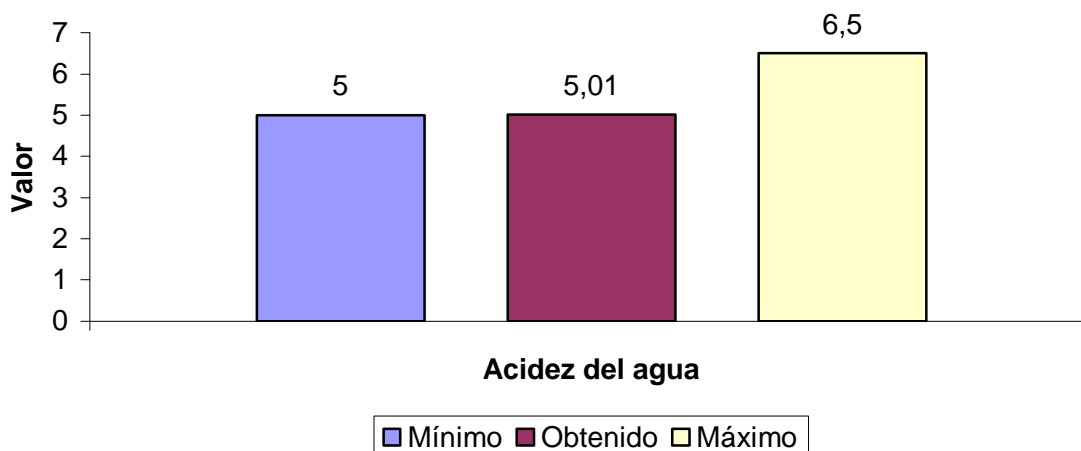


Figura 3. Contenido de acidez del agua obtenido en un suelo sembrado con arroz en mínima labranza. Upala, 2001.

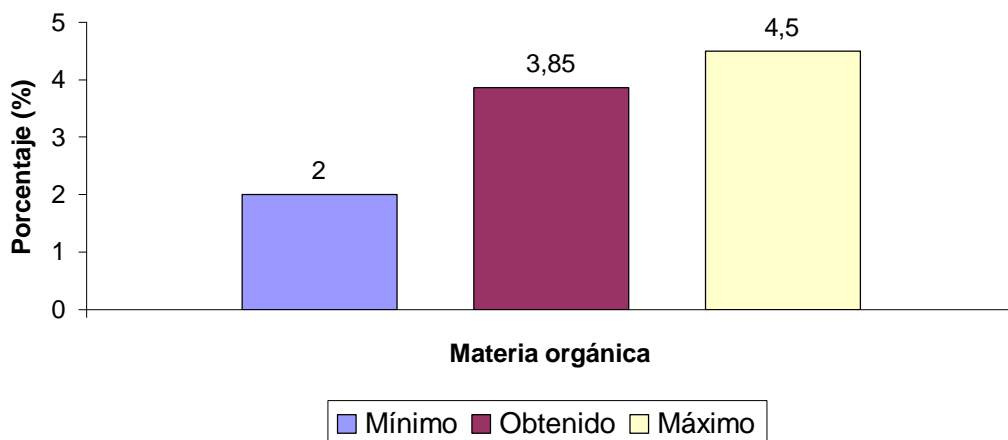


Figura 4. Contenido de materia orgánica obtenido en un suelo sembrado con arroz en mínima labranza. Upala, 2001.

Según el análisis de suelo, se obtuvo un nivel alto de Fe, muy por encima del óptimo (Kass 1996). Por otra parte (Figura 5), el contenido de Zn estuvo por debajo del rango óptimo (3–15) casi a nivel crítico, de igual forma el P el cual estaba casi en el nivel crítico y los demás elementos se ubicaron dentro del rango óptimo.

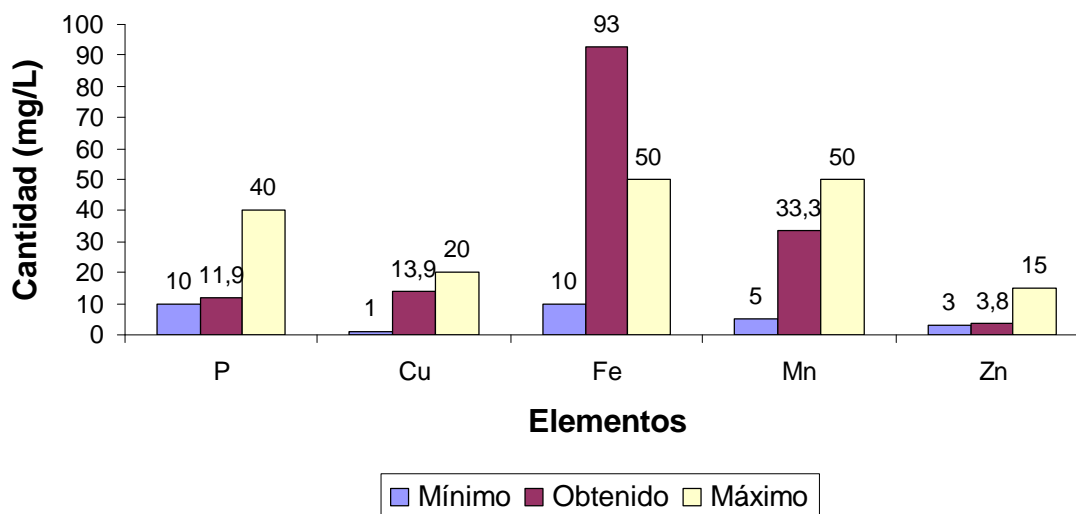


Figura 5. Contenido de P, Cu, Fe, Mn y Zn en el suelo (mg/l), obtenido en un suelo sembrado con arroz en mínima labranza. Upala, 2001.

Además, los elementos como el K, Mg y Ca se encontraron en un contenido relativamente bajo (Figura 6), no obstante, el balance o la relación entre las bases se ubicaron dentro de un rango normal. (Figura 7).

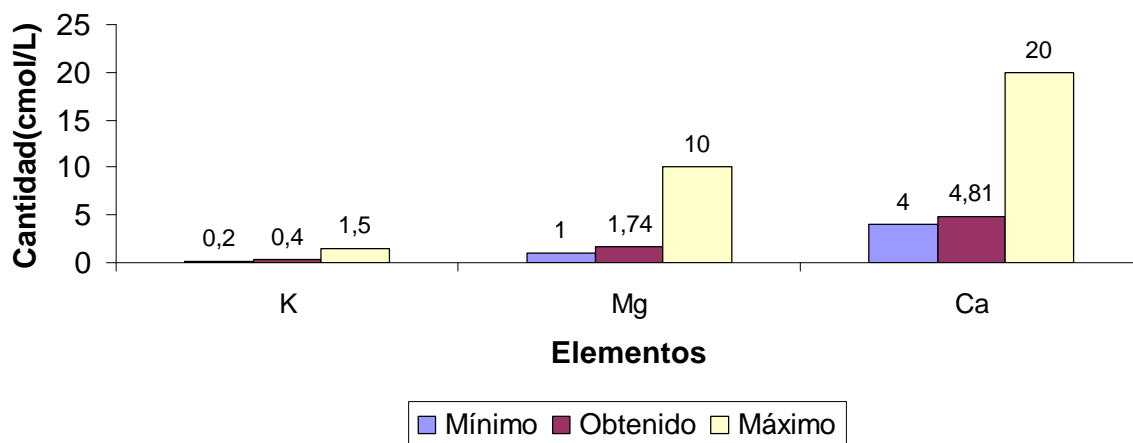


Figura 6. Contenido de K, Mg y Ca en el suelo (cmol/l), obtenido en un suelo sembrado con arroz en mínima labranza. Upala, 2001.

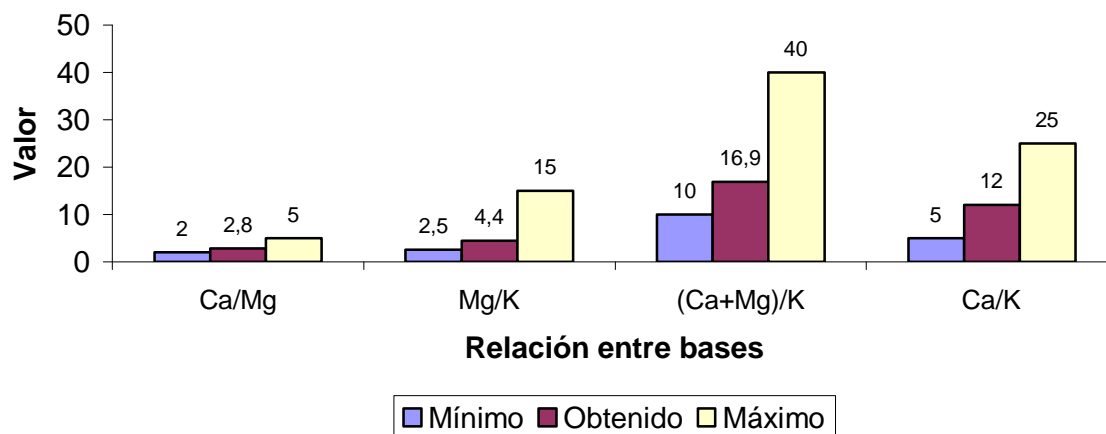


Figura 7. Relaciones de bases obtenidas en un suelo sembrado con arroz en mínima labranza. Upala, 2001.

4.4.2. Análisis biológico

El suelo, además de minerales y materia orgánica, contiene una gran diversidad de micro y macroorganismos que degradan la materia orgánica y modifican la estructura del suelo.

El análisis macrobiológico, del área de siembra, indica que la mayor población fue de ácaros con un total de 14700 individuos, seguida por los oribátidos (6300), luego los formícidos (1500); por otra parte, se obtuvo la misma cantidad de larvas de lepidópteros como de dípteros (300 individuos) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis de artrópodos de suelo. Upala, 2001.

Número de Individuos					
Collembola	Acari	Oribatida	Formicidae	Larvas de Lepidóptera	Larvas de Díptera
0	14700	6300	1500	300	300

En el análisis microbiológico (Cuadro 4), la mayor cantidad de unidades formadoras de colonias (UFC), se obtuvo en las bacterias para un total 7442, seguido por los actinos con 3721 y finalmente los hongos con 19.

Cuadro 4. Análisis microbiológico de suelo, miles de unidades formadoras de Colonias por gramo (miles UFC/g). Upala, 2001.

Bacterias	Actinos	Hongos
Miles UFC/g	Miles UFC/g	Miles UFC/g
7442	3721	19

4.5. Manejo de malezas

4.5.1. Inventario de malezas antes de la siembra

Antes de la siembra las malezas más dominantes fueron ***Rottboellia cochinchinensis*** (Zacate Invasor), que cubría prácticamente la totalidad del lote alcanzando alturas hasta de 1 m, además de ***Sida acuta*** (Escobilla).

Para controlar la malezas presentes en el lote, 6 días antes de la siembra se aplicó Round-Up Max 68 SG (Glifosato) a una dosis de 2 kg/ha, por lo que al momento de la siembra ya se notaba el efecto del herbicida al observarse un amarillamiento generalizado de la maleza existente.

4.5.2. Densidad y cobertura de malezas después de la siembra

Este muestreo se realizó a los 16 días después de la siembra (dds), previo a la aplicación del primer herbicida en posemergencia temprana.

Se obtuvo un promedio de 74 plantas por metro cuadrado (m²). Las malezas predominantes fueron ***Rottboellia cochinchinensis*** (Zacate Invasor) con 51 plantas (69%) y ***Baltimora recta*** (Flor amarilla) con 19 plantas (26%) (Figura 8). Las restantes cuatro plantas (5%), lo conformaron malezas como: ***Amaranthus spinosus*** (Bledo), ***Setaria geniculata*** (Cola de zorra) e ***Ischaemun rugosun*** (Zacate manchado).

Es importante mencionar que se observaron otras malezas como ***Cyperus* sp.**, ***Eleusine indica***, ***Digitaria* sp.**, ***Euphorbia heterophila*** y ***Emilia fosbergii***, que se encontraban fuera de las áreas de muestreo, las cuales aparecieron en forma ocasional.



Figura 8. Principales malezas presentes en el cultivo de arroz (Flor Amarilla y Zacate Invasor). Upala, 2001.

4.5.3. Control químico de malezas

Luego de realizadas las evaluaciones de malezas, se procedió al control de las mismas. Es muy importante mencionar que la primera aplicación que se realizó fue para combatir la flor amarilla (*Baltimora recta*) principalmente; para esto se utilizó el producto comercial compuesto por 2,4-D + Ioxonil (Acrill DS 70 EC) a una dosis de 0.4 l/ha (Cuadro 5). Esta aplicación se realizó vía terrestre (boom) a los 15 días después de la siembra. Este es un herbicida eficiente para controlar malezas de hoja ancha y algunas ciperáceas, producto de esto fueron los buenos resultados en el control de las malezas.

La segunda y última aplicación de herbicidas se realizó vía terrestre (boom) aproximadamente a los 35 días después de la siembra. En esta oportunidad se utilizó una mezcla de Fenaxaprop-etil (Furore 12,5 EC) + Cyhalofop (Clincher 18 EC) a una dosis de 0.8 y 0.3 litros/ha respectivamente, con el fin de controlar el zacate invasor (*Rottboellia cochinchinensis*) que había en el cultivo en gran cantidad y con una altura considerable (40 a 55 cm), similar al del cultivo del arroz

en ese momento. Las dosis de estos productos fueron relativamente bajas, debido a que esta maleza es muy susceptible a estos herbicidas (Cuadro 5).

Por esta razón el control fue sumamente efectivo y se logró el objetivo deseado. (Figura 9)

Cuadro 5. Control químico de malezas, después de la siembra. Upala, 2001.

Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Dosis p.c.*/ha	Época de aplicación	Objetivo de la aplicación
Actril DS 70 EC	2,4-D + Ioxonil	0,4 l	15 días después de siembra	Control de hoja ancha y algunas ciperáceas.
Furore 12,5 EC + Clincher 18 EC	Fenoxaprop-etil + Cyhalofop	0,3 l + 0,8 l	35 días después de siembra	Control de gramíneas Principalmente (<i>R. cochinchinensis</i>).

* p.c.: producto comercial



Figura 9. Cultivo de arroz con buen control de malezas. Upala, 2001.

4.6. Manejo de plagas y enfermedades

En general, no hubo mayores problemas en cuanto a plagas y enfermedades. Al respecto, a los 55 dds se realizó una aplicación vía terrestre (boom) de Epoxiconazol y Carbendazin (Duett 25 SC) + Cipermetrina (Orizal 25 EC) (Cuadro 6), con el fin de prevenir un posible brote de *Rhizoctonia solani* (Figura 10) y controlar la sogata (*Togasodes orizicolus*) y al gusano medidor (*Mocis latipes*) que estaban apareciendo. Se notó la presencia de la plaga “novia del arroz” (*Rupela albinella*) pero la misma no afectó el umbral económico (Figura 11).

El Duett es un fungicida preventivo - curativo compuesto por Epoxiconazol + Carbendazin y se utilizó a una dosis de 0.5 l/ha. Este producto aplicado vía terrestre (boom), se usó según la etiqueta principalmente para proteger al cultivo contra *Pyricularia oryzae*, *Rhizoctonia solani* y *Rhizosporium oryzae*, mostrando un control adecuado de la misma, a pesar de que la línea CR-2515 es tolerante a *Pyricularia*, pero susceptible a *Rhizoctonia*.

El Orizal es un insecticida piretroide, a base de Cipermetrina, el cual se aplicó a una dosis de 0.2 l/ha para el control de sogata y el gusano medidor, cuya población no fue importante en ese momento, pero presentando un control adecuado de las mismas.

En la etapa de formación de la espiga, se realizaron dos aplicaciones de fungicida e insecticida con el fin de protegerla y así evitar cualquier daño a la panícula y por lo tanto al grano. En la primera aplicación, la espiga estaba por emerger, y en la cual se utilizó nuevamente Epoxiconazol + Carbendazin en mezcla con Dimetoato (Perfekthion 40 EC) (Cuadro 6). Este último en dosis de 1.5 l/ha. Esta aplicación se realizó con un aspersor de cañón (boom) con el fin de no dañar o maltratar la “espiga”, el cual tenía un alcance de hasta 30 metros cuando estaba a favor de viento.

En la segunda aplicación se utilizó el insecticida Dimetoato (Perfekthion 40 EC) a 1.5 l/ha en combinación con el fungicida sistémico Carbendazin (Crotonox 50 SC) (Cuadro 6), en dosis de 0.6 l/ha. Esta aplicación se realizó con el uso de

avioneta con el fin de proteger la espiga y el cultivo en sí, en este momento las espigas habían emergido en un 25 a 30%.

Cuadro 6. Control químico de plagas y enfermedades. Upala, 2001.

Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Dosis p.c.*/ha.	Época de aplicación	Objetivo de la aplicación.
Duett 25 SC + Orizal 25 EC	(Epoxiconazol + Carbendazin) + Cipermetrina	1.5 l + 0,2 l	55 días después de la siembra	Controlar <i>Rhizoctonia</i> y Sogata
Duett 25 SC + Perfekthion 40 EC	(Epoxiconazol + Carbendazin) + Dimetoato	0.5 l + 1,5 l	Antes del espigamiento	Proteger espiga
Crotonox 50 EC + Perfekthion 40 EC	Carbendazin + Dimetoato	0,6 l + 1,5 l	25-30% Espiga	Proteger espiga

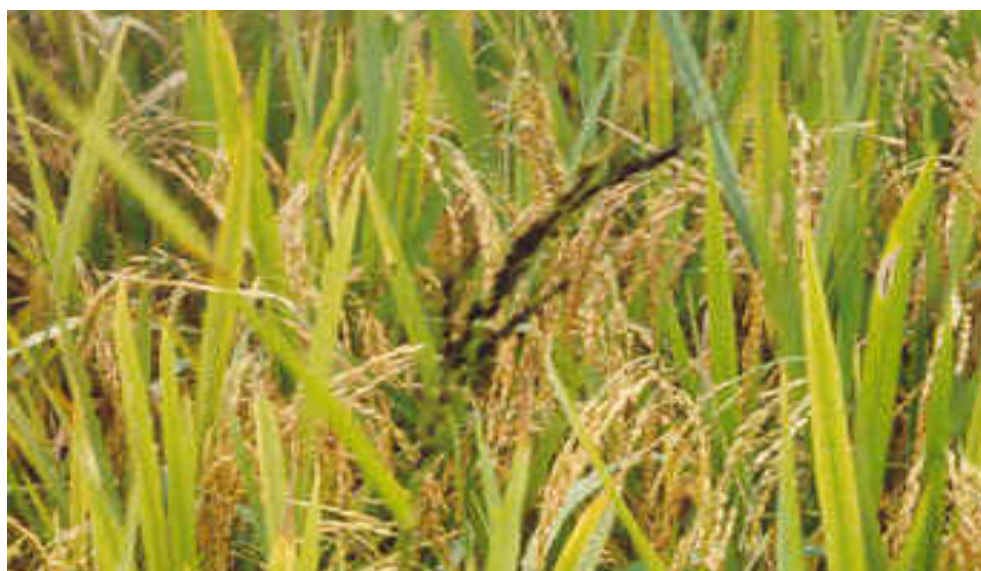


Figura 10. Planta de arroz infectada con *Rhizoctonia solani*. Upala, 2001.



Figura 11. Novia del arroz (*Rupella albinela*) presente en el cultivo. Upala, 2001.

4.7. Fertilización

El nitrógeno se absorbe durante todo el ciclo de cultivo, principalmente sobre la etapa de crecimiento vegetativo y reproductivo. Este elemento influye positivamente en el número de hijos por planta, número de espiguillas por panícula, porcentaje de granos por espiguilla y contenido proteico del grano (Guía de Abonado, 2000). En un sistema de mínima labranza el cultivo requiere mayor aplicación de nitrógeno que en el sistema de siembra convencional, debido a que parte del nitrógeno es utilizado por los microorganismos en el proceso de descomposición de la materia orgánica.

El fósforo favorece el desarrollo radicular y ayuda al cultivo en el ahijamiento, floración y precocidad de maduración (Guía de Abonado 2000). Por su parte, el potasio incrementa el peso del grano y lo fortalece, y disminuye el porcentaje de grano quebrado.

De lo anterior se denota la importancia de mantener una buena fertilización del cultivo, con lo cual no sólo se mejora el rendimiento, sino también es un método cultural contra el ataque de plagas, enfermedades y malezas.

La primera aplicación de fertilizante se realizó a la siembra con fertilizante granulado de la fórmula 10-30-10, la cual se aplicó con la máquina de mínima labranza junto con la semilla (Cuadro 7).

La segunda aplicación (21 días después de la siembra, dds) se realizó en forma manual seis (6) días después de la aplicación del herbicida, con el fin de nutrir la plantación y a la vez recuperarla. La segunda aplicación se realizó manualmente, aplicando una mezcla de fórmulas: 1 quintal (qq) de 18-5-15-6-2; 1 quintal de 25-0-25-0.5 Zn y 1 quintal Nitrosul (33% N y 8% S) (Cuadro 7).

La tercera abonada se realizó de la misma manera y con la misma mezcla de la segunda fertilización (Cuadro 7).

Para la cuarta y última aplicación se utilizó la fórmula 26-0-26, a razón de 2 qq/ha (Cuadro 7). Esta fue realizada a los 68 dds con una fórmula alta en potasio, con el fin de ayudar al rendimiento del cultivo.

También se aplicó el abono foliar Grow More (0-25-20) a una dosis de 1 l/ha, en combinación con la última aplicación de fungicida e insecticida y así ayudar a la nutrición de las plantas.

Cuadro 7. Programa de fertilización granulada implementado en el cultivo de arroz. Upala, 2001.

Fórmula	Cantidad aplicada/ ha	Edad del cultivo	Forma aplicación
10-30-10	115 kg	Cero días (siembra)	Sembradora
18-5-15-6-2-22+ 25-0-25-0.5 Zn + Nitrosul (33 N y 8 S)	46 kg c/u	21 días después de siembra	Manual
18-5-15-6-2 + 25-0-25-0.5 Zn + Nitrosul (33 N y 8 S)	46 kg c/u	45 días después de siembra	Manual
26-0-26	92 kg	68 días después de siembra	Manual

4.8. Factores de rendimiento

4.8.1. Tallos efectivos y no efectivos

A la cosecha se obtuvo un promedio de 421.98 tallos efectivos/m² y de 47,64 tallos no efectivos/m², lo que representa un 89,86% y un 10,14 % respectivamente (Figura 12). Al comparar esta variable con la población de plantas obtenidas antes y después del macollamiento, se tiene que la producción de tallos efectivos se encuentra en la media del dato obtenido (Figura 12). Se obtuvo una disminución en el número de tallos esto debido a que no se muestrearon los mismos puntos.

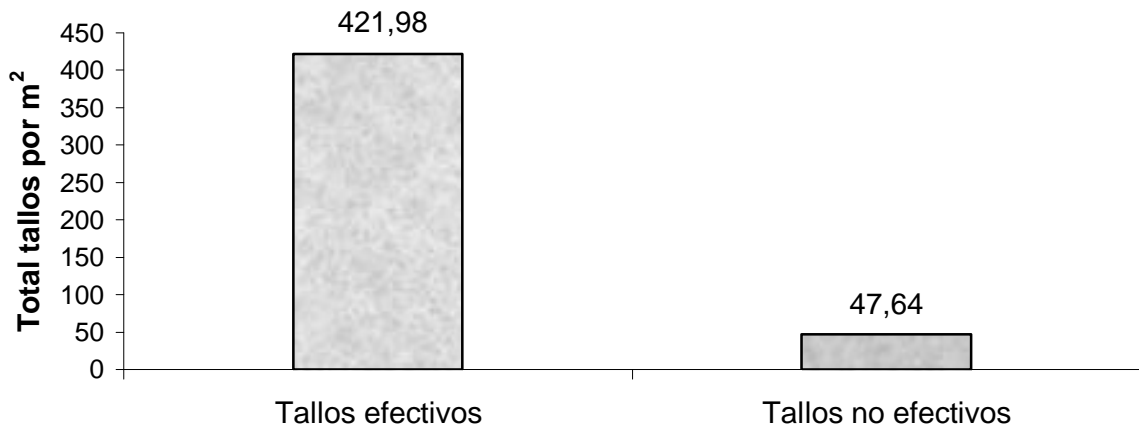


Figura 12. Total de tallos efectivos y no efectivos a la cosecha. Upala, 2001.

4.8.2. Longitud de panícula

La altura de planta es directamente proporcional al tamaño de la panícula, refiriéndose a la altura normal de la variedad o línea cultivada. Además, que al aumentar el tamaño de la panícula aumenta el número de granos por panícula. Esta relación permite analizar que en esta ocasión se obtuvo un buen rendimiento, por lo tanto la altura de la planta fue bastante adecuada, ya que la mayor cantidad de panículas fueron las más grandes y así un mayor número de granos (Figura 13).



Figura 13. Panículas con buena cosecha y de longitud aceptable. Upala, 2001.

Se encontró que la mayor cantidad de panículas (183.28 panículas/m²) estuvo entre el rango de longitud mayores de 20 cm. (Figura 14) el cual representa un 43.43%, repercutiendo significativamente en el rendimiento final obtenido. Por su parte, la categoría con menor número de panículas fue la de menores de 15 cm de longitud con un total de 70.49/m², lo que representa un 16.71 % de la muestra.

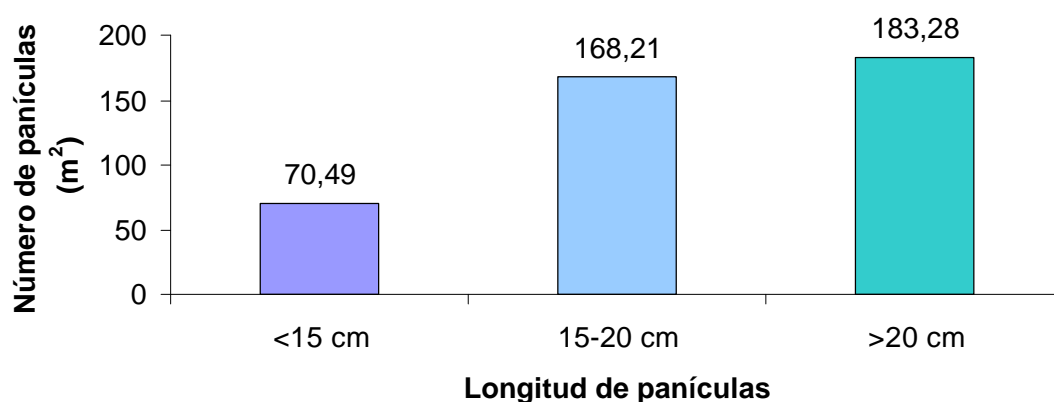


Figura 14. Número de panículas/m² de acuerdo a la longitud de panícula. Upala, 2001.

4.8.3. Peso de 1000 granos

El peso del grano es importante ya que es una forma de estimar el rendimiento total de una determinada área de cultivo; además es un parámetro que evidencia una buena o mala nutrición de la planta durante la etapa de crecimiento del cultivo, así como la capacidad de producción de la variedad. Los granos pesados estaban completamente secos (0 % humedad), se obtuvo un promedio de 30 gramos por mil granos de arroz.

4.9. Costos de producción (egresos)

Los costos de producción se clasificaron de acuerdo a las operaciones realizadas en la finca (Cuadro 8) y a productos para fertilización, combate de malezas, plagas y enfermedades (Cuadro 9).

La semilla utilizada no era certificada y tuvo un costo de ¢5 000 por quintal, mientras que el alquiler del terreno para la siembra fue de ¢15 000/ha.

Los costos de operación fueron determinados en base al precio de la maquinaria utilizada en cada operación específica (Cuadro 8).

El costo por uso de la avioneta se obtuvo de acuerdo al monto que cobra la empresa de aviación agrícola estipulado en \$0,75 por galón aplicado. La avioneta gastó en promedio 15 galones de disolución por hectárea, por lo tanto el costo fue de \$11,25/ha (Cuadro 8). Al momento de la cosecha, se invirtió en la cosechadora (Figura 15) y en el costo del flete (Cuadro 10).

En síntesis, se invirtieron ¢245 735.75 o sea \$733.54 (1\$ = ¢335) para producir una hectárea de arroz, con el sistema de mínima labranza (Cuadro 11). Al respecto, se considera que estos costos son relativamente bajos.



Figura 15. Cosechadoras utilizadas al momento de la cosecha. Upala, 2001.

Cuadro 8. Costos de aplicación por hectárea de productos químicos y fertilizantes utilizados. Upala, 2001.

Rubro	Equipo o modo de aplicación	Cantidad de Aplicaciones o qq/ha	Costo por Aplicación o qq/ha	Costo Total por ha
Aplicación de herbicida	boom	3	¢3 500,00	¢10 500,00
Siembra y fertilización	Máquina de Mínima Labranza	1	¢15 000,00	¢15 000,00
Aplicación de fertilizante	manual	8	¢500,00	¢4 000,00
Aplicación de fungicida e insecticida	boom	1	¢3 500,00	¢3 500,00
Aplicación de fungicida, insecticida y foliar.	boom cañón	1	¢3 500,00	¢3 500,00
Aplicación de fungicida e insecticida	avioneta	1	¢3 768,75	¢3 768,75
Total				¢40 268,75

Cuadro 9. Costos de plaguicidas y fertilizantes utilizados. Upala, 2001.

Producto comercial	Cantidad utilizada (l/ha o kg/ha)	Precio por l o kg	Costo /ha
Fertilizantes			
10-30-10	115	¢93,50	¢10 752,50
18-5-15-6-2-22	92	¢93,50	¢8 602,00
25-0-25-0,5 Zn	92	¢86,50	¢7 958,00
Nitrosul	92	¢80,50	¢7 406,00
26-0-26	92	¢84,30	¢7 755,60
Grow More	1	¢3 250,00	¢3 250,00
Herbicidas			
Round-Up Max	2	¢3 850,00	¢7 700,00
Acrill	0,4	¢5 255,00	¢2 102,00
Furore	0,3	¢17 475,00	¢5 242,50
Clincher	0,8	¢16 800,00	¢13 440,00
Insecticidas			
Orizal	0,2	¢5 800,00	¢1 160,00
Perfekthion	3	¢5 000,00	¢15 000,00
Fungicidas			
Duett	1	¢12 900,00	¢12 900,00
Crotonox	0,6	¢3 660,00	¢2 196,00
Total			¢105 464,60

Cuadro 10. Costos de cosecha para una hectárea de arroz. Upala, 2001.

Rubro	Equipo	Cantidad de sacos o qq	Precio por saco o qq	Costo por ha.
Cosecha (sacos 73,6 Kg)	Cosechadora	71,88	¢480,00	¢34 502,40
Flete (qq)	Trailer	115	¢200,00	¢23 000,00
Total				¢57 502,40

Cuadro 11. Costos totales para producir una hectárea de arroz, en el sistema de mínima labranza. Upala, 2001.

Costo de aplicación	¢40 268,75
Costo de plaguicidas y fertilizantes	¢105 464,60
Costo de cosecha y acarreo	¢57 502,40
Alquiler del terreno	¢15 000,00
Semilla no certificada.	¢27 500,00
Costo Total por ha.	¢245 735,75

Es importante destacar que en el sistema de labranza mínima, el costo por herbicidas es más alto por la aplicación de Round Up que se realizó en presiembra. Además los herbicidas Clincher y Furore son productos de alto costo, aunque se utilizan independientemente del sistema de labranza utilizado.

4.10. Rendimiento (Ingresos)

El ingreso se calculó en base a toda el área sembrada bajo el sistema de labranza mínima (12 ha). Se obtuvo un rendimiento promedio de 80,29 sacos húmedos y sucios/ha con un peso de 73,6 kg/saco (21% de humedad y un 8% de impureza), equivalente a 5,91 tm/ha. De acuerdo al dato reportado por la arrocería Miramar se obtuvo 71,88 sacos limpios y secos/ha.

El precio por venta del grano fue de ¢5120 por saco (73,6 kg) seco y limpio para un ingreso de ¢368 025,6/ha. En toda el área sembrada (12 ha) se obtuvo un ingreso total de ¢4 416 307,2.

Además del buen rendimiento obtenido, cabe recordar que el sistema de mínima labranza es un tipo de labranza conservacionista donde el objetivo principal es tratar de conservar el suelo evitando la erosión, aumentando el nivel de materia orgánica y nutrientes, reduciendo la compactación, entre otros.

4.11. Beneficio económico

El ingreso total fue ¢368 025,6 (Figura 16). El ingreso neto, López (1997) lo define como el ingreso total (¢368 025,6) menos el gasto total (¢245 735,75) para un ingreso neto de ¢122 289,85. La rentabilidad se calcula aplicando la fórmula: $\text{ingreso neto} / \text{costo total} * 100$. Con base a esta fórmula, se obtuvo una rentabilidad de un 49.76 %. La relación beneficio/costo fue de 1,50, indicando que se generó un 50% más de lo invertido.

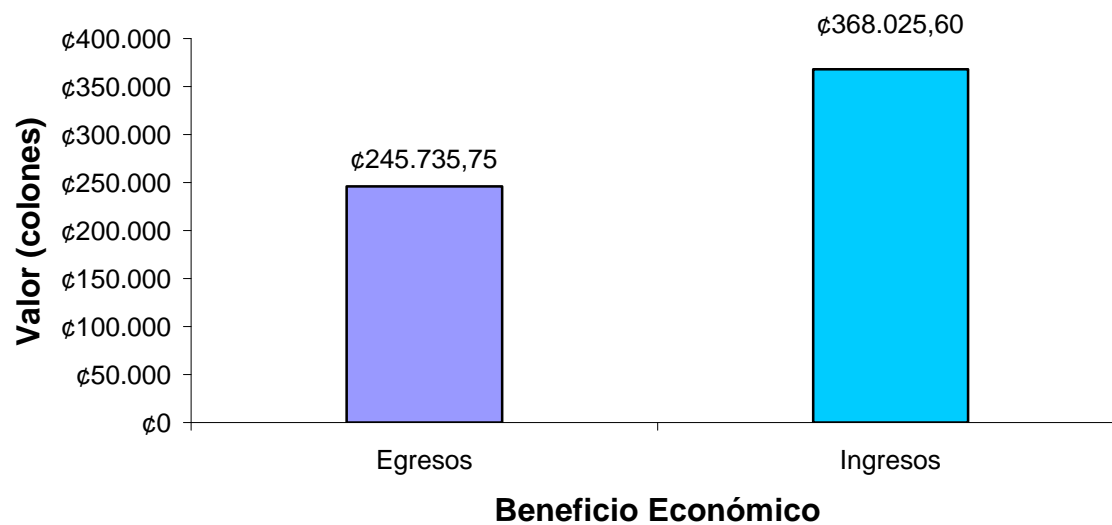


Figura 16. Total de egresos e ingresos obtenidos en el cultivo de arroz sembrado en mínima labranza. Upala, 2001.

5. CONCLUSIONES

En las condiciones en que se realizó este trabajo se señalan las siguientes conclusiones:

- 1) Debido a que la semilla de siembra era no certificada, y previniendo las pérdidas por este concepto (baja germinación), se debió utilizar una alta cantidad de semilla, 5.5 quintales (253 kg) por hectárea.
- 2) De acuerdo con el análisis químico de suelo, se obtuvo una alta concentración de Hierro (Fe). Las relaciones de las bases obtenidas todas estuvieron en un rango aceptable. El pH del suelo obtenido fue de 5.01, considerándose ligeramente ácido, mientras que el contenido de materia orgánica fue de 3.85, siendo un porcentaje aceptable, condiciones que ayudaron al buen desarrollo del cultivo.
- 3) La población promedio de plantas antes del macollamiento fue de 287 plantas/m², aumentando a 605 plantas /m² después del macollamiento. Se obtuvo un promedio de 1.11 hijos por planta madre.
- 4) Las principales malezas presentes antes de la siembra fueron ***Rottboellia cochinchinensis***, ***Sida acuta*** y ***Baltimora recta***. Durante el ciclo del cultivo las plagas y enfermedades no fueron factor limitante en el manejo de la plantación y fueron fácilmente controladas con plaguicidas específicos. La plaga insectil que más se observó fue sogata (***Tagosodes orizicolus***), y la enfermedad fue añublo de la vaina (***Rhizoctonia solani***).
- 5) La altura promedio de planta fue 91.09 cm al momento de la cosecha, altura ideal para esta línea, para evitar el volcamiento (acame).

- 6) Se obtuvo al momento de la cosecha un promedio de 421.98 tallos efectivos/m² y un promedio de 47.64 tallos no efectivos/m².
- 7) El promedio mayor en longitud de panículas fue la frecuencia mayores a 20 cm. con un total de 183,28 panículas/m² (43.43 %), indicando un buen rendimiento del cultivo y una altura adecuada.
- 8) El peso promedio de 1000 granos completamente secos (0 % humedad) fue 30 gramos, resultando muy buen peso e indicando una buena nutrición en el cultivo.
- 9) Los costos de producción fueron de ¢245 735.75 y los ingresos de ¢368.025.6 para un ingreso neto de ¢122 289.85/ ha. Se obtuvo una rentabilidad del cultivo por hectárea de 49.76 % y la relación costo beneficio fue de 1.5.

6. RECOMENDACIONES

- 1)** Utilizar semilla certificada para obtener un mejor porcentaje de germinación y por lo tanto mejores rendimientos.
- 2)** Al utilizar semilla no certificada es importante utilizar más cantidad de fertilizante al momento de la siembra.
- 3)** Es importante no dejar crecer tanto las malezas para realizar una aplicación de herbicida, a pesar de que se obtuvo un control excelente.
- 4)** Para el análisis biológico del suelo es recomendable realizar al menos dos muestreos, al inicio y al final del ciclo del cultivo, con el objeto de conocer posibles cambios en la fauna del suelo dentro del mismo cultivo.
- 5)** Solicitar al laboratorio la identificación a nivel de especie, de ser posible, de los hongos y las bacterias presentes en el suelo analizado. De igual forma, solicitar análisis de micorrizas.

7. LITERATURA CONSULTADA

Alán, E; Barrantes, U; Soto, A; Agüero, R. 1995. Elementos para el manejo de malezas en agroecosistemas tropicales. Editorial Tecnológica. 1 ed.

Altieri, M. 1985. Agroecología: Bases científicas de la agricultura alternativa. Editorial Interamericana. Santiago: Chile. 173 p.

Arauz, C. L. 1998. Fitopatología. Un enfoque agroecológico. 1 ed. Editorial Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 467 p.

Adelhelm, R; Kotschi, J. 1985. Development and introduction of self-sustaining agricultural practices in tropical smallholder farms. *Entwickklung + Landlicher Raum* 4/85. DLG, Frankfurt. pp. 17-20.

Baker, C.J., Saxton, K.E and Ritchie, W.R. 1996. No-tillage Seeding, Science and Practice. CAB Internacional, Wallingford, Oxon, United Kingdom. 158 p.

Bertsch, F. 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, CR. ACCS. 157 p.

Bravo, C. A. 1993. Estudios de sistemas agrícolas alternativos para el desarrollo de una agricultura productiva y duradera en el estado Guarico, Venezuela. *In* Reunión Bienal de la Red Latinoamericana de Labranza Conservacionista (2, 1993, Guanare, Acarigua, Venezuela). [Memorias], Guanare, Acarigua, VE, FONAIAP. p. 13-41.

Bunch, R. 1995. Principles of agriculture for the humid tropics. An odyssey of discovery. *ILEA Newsletter*, October 1995, p 18 & 19.

Campos, M. R. 2000. Resultados de los materiales de investigación del año 1999. MAG-OFIARROZ-ONS-ANCPS.

- Cannel, R. Q., Hawes, J. D. 1994. Trends in tillage practices in relation to sustainable crop production with special reference to temperate climates. *Soil & Tillage Res.*, 30:245-282.
- Cordero, A. 1993. Fertilización y Nutrición y Mineral del Arroz. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. pp. 61-82.
- Crovetto, C. 1992. Rastrojos sobre el suelo. Una introducción a la cero labranza. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 301 p.
- CTIC. 1996. Conservation Technology Information Centre, CTIC Partners, April/May. 14(3).
- Derpsch, R. 1999. Expansión mundial de la siembra directa y avances tecnológicos. *Anales*, 7º Congreso Nacional de Siembra Directa de AAPRESID, Mar del plata, 17-20.8.1999. pp. 79-97.
- Derpsch, R. und Florentín, M. 2000 Importancia de la siembra directa para alcanzar la sostenibilidad agrícola.
- Derpsch, R., Roth, C. H., Sidiras, N., Kopke, U. 1991. Controle da erosao no Paraná, Brasil: Sistema de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ), TZ- Verlag, Rossdorf.
- Derpsch, R., Sidiras, N., Roth, C.H. 1986. Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil. *Soil & Tillage Research*, 8. pp. 253-263.
- Espinosa, J. 1995. Dinámica de nutrientes en siembra directa. In Reunión Bienal de la Red Latinoamericana de Labranza Conservacionista (3, 1995, San José, Costa Rica). [Memorias]. San José, CR, RELACO. pp. 92 - 99.

- FAO. 1984. Land, food and people. Economic and Social Development Series N° 30. FAO, Rome.
- García, F. Ventajas de la siembra directa. (en línea) 2001. Consultado 5 Jun 2001. Disponible en <http://www.ecampo.com/sections/news/archive.php?CatUuid=91DODF04%2DE269%2D11D3%2DA5140006292E2740&>.
- Gassen, D; Gassen, F. 1996. Plantio Direto o Caminho do Futuro. Aldeia Sul Editora. Brasil. 207p.
- Guía de abonado (en línea). Consultado 25 agosto. 2000. Disponible en http://www.fertiberia.com/servicios_on_line/guia_de_abonado/arroz3.html.
- Hailu, Z., Runge-Metzger, A. 1993. Sustainability of land use system: the potential of indigenous measures for the maintenance of soil productivity in Sub-Saharan African agriculture; a review of methodologies and research results. J. Margraf. Weikersheim, Germany, 168 p.
- Homechin, M. 1984. Influencia do plantio directo na incidencia de doencas. Plantio Directo, Ponta Grossa, 2 (6) : 2.
- Igarashi, S. 1981. Ocorrencia e controle de doencas. Cultura do trigo: doencas foliares. IAPAR (Ed.).
- ISCO. 1996. Towards Sustainable Land Use- Furthering Cooperation between People and Institutions, Second Announcement. p. 3.
- ISTRO. 1997: International Soil Tillage Research Organization (ISTRO), INFO-EXTRA, 3(1).
- Ivancovich, A. 1997. Manejo cultural de enfermedades. In Curso sobre siembra directa (1997, Encarnación, Paraguay). [Memorias]. PY, PROCICUR. p. 217 -228.

- Kass, D. 1996. Fertilidad de suelos. 1 ed. Editorial UNED. San José. Costa Rica. 233 p.
- Karlen, D.L, Wollenhaup, N.C., Erbach, D.C., Bery, E.E. Swan , J.B., Eash, N.S., Jordahl, J.L. 1994. Long term tillage effects on soil quality. *Soil & Tillage Research* 32:313-327.
- Kemper, B., Derpsch, R. 1981. Results of studies made in 1978 and 1979 to control erosion by cover crops and no- tillage techniques in Paraná, Brazil. *Soil and tillage Research*, 1, pp. 253-267.
- Kern, J. S., Johnson, M. G. 1993. Conversion to conservation- till will help reduce atmospheric carbon levels; *Fluid Journal*. 1(3).
- Kochhann, R, A. 1996. Alteracoes das Características Físicas, Químicas e Biológicas do Solo sob sistema de Plantio Directo. Resumos, I Conferencia Anual de Plantio Directo, 4-6/9/1996, Aldeia Norte Editora, Passo Fundo, RS., Brazil. pp. 17-25.
- Kotschi, J. 1987. Ed. *Ecofarming Practices for Tropical Smallholdings*, R & D in Technical Coop., Work. Papers for rural Dev. Nº 14, GTZ, Eschborn.
- Kronen, M. 1984. Der Einflub von Bearbeitungsmethoden und Fruchtfolgen auf die Aggregatstabilitat eines Oxisols. *Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung*, 25, 172-180.
- Lal , R. 1976. No- tillage effects on soil properties under different crops in Western Nigeria; *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 40:762-768.
- Lal, R. 1983. No-till farming, Monograph Nº 2, IITA, Ibadan, Nigeria.
- López Portillo, J. 1997. Evaluación económica de la siembra directa. In curso sobre siembra directa (1997, Encarnación, Paraguay). (Memorias). PY, PROCISUR. p. 175-186.

- Martino, D. L. 1995. Restricciones tecnológicas para la siembra directa en Uruguay. In *Diálogo XLIV* (1994, Asunción, Paraguay), [avances en siembra directa]. PY, Asunción, TICA - PROCISUR. pp. 117 - 124.
- Monge, L. 1989. Cultivo de arroz II Edición, Editorial EUNED. Costa Rica, pp. 284.
- Oldeman, L.R., Engelen, V. W. P., Van, Pulles, J.H.M., 1990. World map of the status of human-induced soil degradation. An explanatory note. ISRIC, UNEP, Wageningen.
- Phillips S, H. y Young H, M. S.A. 1973. Agricultura sin Laboreo: Labranza Cero. Traducido por Enrique Marchesi, Montevideo, UY, Agropecuario Hemisferio Sur. 223 p.
- Pitelli, R. A. 1995. Dinámica de malezas en el sistema de cero labranza de cultivos anuales *In* *Dialogo XLIV* (1994, Asunción, Paraguay), [avances en siembra directa]. PY, Asunción, IICA - PROCISUR. pp. 5-13.
- Pitty, A. 1997. Introducción a la biología, ecología y manejo de las malezas. Tegucigalpa, HN. ZAMORANO. 300 p.
- Pla, I. 1995. Degradación y conservación de suelos, conceptos básicos. In Reunión Bienal de la Red Latinoamericana de Labranza Conservacionista (2, 1993, Guanare, Acarigua, Venezuela). [Memorias]. Guanare, Acarigua, VE, FONAIAP. pp. 13-41.
- Quiroga, A; Monsalvo, M. y Adema, E. 1995. Efecto de la siembra directa sobre diversas propiedades físicas y químicas del suelo en la región semiárida pampeana (Argentina). *In* Reunión Bienal de la Red Latinoamericana de Labranza Conservacionista (2, 1993, Guanare, Acarigua, Venezuela). [Memorias]. Guanare, Acarigua, VE, FONAIAP. pp. 210-225

- Rasmussen, P. E., Smiley, R. W. 1989. Long-term management effects on soil productivity and crop yield in semi-arid regions of eastern Oregon. Station Bull. 675 USDA-ARS, Agric. Exp. Stat. Oregon State University. 58 p.
- Reis, E. M. 1985. Doenças em plantio directo: ocorrência e seu controle. In: III Encontro Nacional de Plantio Directo, Ponta Grossa, Anais, Castro, Fundacao ABC. pp. 104-117.
- Reis E, M. 1996. Manejo de enfermedades en Siembra Directa, Trabajo presentado en Obligado, Itapúa, en el II Encuentro de Productores de Siembra Directa.
- Reis, E. M., Fernández, J. M. C., Picinini, E. C. 1988. Estrategias para o controle de doenças do trigo. EMBRAPA, CNPT, Passo Fundo, RS. 50 p.
- Reis E. M., Santos, H. P., 1987. The multiplication of *Cochliobolus sativus* on above ground tissues of small grains and its relationship to the origin of soil inoculum density. Fitopatologia Bras. Vol III, 1987.
- Rodríguez, N. 1997. Los nutrientes, el suelo y los fertilizantes. San Carlos, Costa Rica. ITCR, Departamento de Agronomía. 161 p.
- Roth, C. H. 1985. Infiltrabilität von Latossolo-Roxo-Boden in Nordparaná, Brasilien, in Feldversuchen zur Erosionskontrolle mit verschiedenen Bodenbearbeitungssystemen und Rotationen. Gottinger Bodenkundliche Berichte. 104 p.
- Salton, J.C; Hernani, L.C; Zanoni, C. 1998. Sistema Plantio Direto. Servicio de producción de formación (SPI). Brasilia. 248 p.
- Sánchez, P. A. 1976. Properties and management of soils in the tropics. Wiley. New York.

- Sánchez, P. A., Logan, T.J. 1992. Myths and science about the chemistry and fertility of soils in the tropics. In: Lal, R., Sánchez, P.A., (Ed.) 1992: Myths and science of soils of the tropics, SSSA Special publication N° 29, Soil Sc. Soc. of America, Am. Soc. of Agronomy, Madison, USA. pp. 35-46.
- Sidiras, N.; Pavan, M.A. 1985. Influencia do sistema de manejo do solo no nivel de fertilidade. R. bras. Ci. Solo. 9:249-254.
- Sidiras, N., Pavan, M.A. 1986. Influencia do sistema de manejo na temperatura do solo. R. Bras. Ci. Solo. 10:181-184.
- Steiner, K. 1994. Causes of soil degradation and development approaches to sustainable soil management. Pilot Project Sustainable Soil Management, GTZ Eschborn (no publicado), 231 p.
- Stenholm, C.W.; Waggoner, D. B. 1990. Low-input, sustainable agriculture: Myth or method? J. . Soil and Water Cons. 45(1).
- Stocking, M. A. 1986. The cost of soil erosion in Zimbabwe in terms of loss three major nutrients. FAO Consultants' Working Paper, Rome.
- Stocking, M. A. 1988. Quantifying the on- site impact of erosion. In; Rimwanich, S. (ed) Land Conservation for Future Generation, Proc. Of the Fifth International Soil Conservation Conference, Bangkok. pp. 137-161.
- Unger, P. W.; Larrea, K. B.; Stewart, A. 1995. Criterios para la selección de sistemas y prácticas de labranza. In Reunión Bienal de la Red Latinoamericana de Labranza Conservacionista (2, 1993, Guanare, Acarigua, Venezuela). [Memorias]. Guanare, Acarigua, VE, FONAIAP. pp. 118-146.
- Voss, M., Sidiras, N. 1985. Nodulacao da soja em plantio directo em comparacao com plantio convencional. Pesq. Agropec. Bras. 20:775 – 782.